

# О ВИЗУАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ УМСТВЕННОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

*Ю.А. Баранова – студентка гр. 233-2, В.С. Кунегин – магистрант гр. 425-м  
Научный руководитель – Романовский М.Н., доцент каф. КУДР*

Рассмотрены результаты экспериментов по влиянию на умственную работоспособность (УР) ритмической визуальной стимуляции (ВС) головного мозга. Для оценки УР использован тест Ландольта. ВС с частотой 10 Гц на осознаваемом и неосознаваемом уровнях восприятия приводит к повышению УР.

**Ключевые слова:** ритмическая визуальная стимуляция, тест Ландольта, умственная работоспособность.

Для повышения умственной работоспособности применяется широкий спектр психотропных фармакологических средств (см., например [1]). Почти все они не устраняют первопричины проблемы, но могут оказывать побочное негативное влияние на организм. Представляет интерес ритмическая визуальная стимуляция (ВС) работоспособности [2, 3]. Цель настоящей работы – экспериментальный анализ влияния на умственную работоспособность ВС на осознаваемом и неосознаваемом уровнях восприятия.

## Методика эксперимента

Излучатель установки для ВС (см. рис. 1) представлял собой матрицу светодиодов h5031170, цвет излучения – зеленый. Электропитание светодиодов осуществляли от источника тока Instek PSP-2010. Для модуляции светового потока использовали ключ на биполярном транзисторе 2N5551 и генератор прямоугольных импульсов Tektronix AFG3021. Частота следования импульсов модуляции составляла 10 Гц; длительность - 10 мкс, 100 мкс (неосознаваемое восприятие) и 500 мкс (видимое мерцание).



Рисунок 1 – Структурная схема установки

Для контроля параметров ВС использовали люксметр с широким функционалом (люксметр, пульсметр, яркомер) RADEX LUPIN с компьютерной программой RadexLight [4]. Коэффициент пульсаций без модуляции составил 2 %, при модуляции импульсами длительностью 1 мс – 2,6 %.

Эксперименты проводили в помещении без других источников света. В работе участвовали 20 студентов с нормальным зрением в возрасте от 20 до 22 лет. Для оценки умственной работоспособности использовали корректурный тест Э. Ландольта. Инструкция испытуемому состояла в следующем. «На бланке имеется набор колец с разрывом в одном из восьми направлений: на 13, 15, 17, 18, 19, 21, 23 и 24 часа, если ориентироваться на циферблат часов. Вы должны последовательно слева направо просматривать строки бланка, не пропуская ни одной, и зачеркивать кольца с разрывом на 15 (12) часов» [5]. По завершении эксперимента подсчитывали общее число просмотренных колец –  $Q$ , число пропущенных и неправильно вычеркнутых колец –  $N$ , число колец, которые следовало вычеркнуть –  $M$ . Рассчитывали показатель точности работы:

$$A = (M - N)/M,$$

показатель продуктивности:

$$P = A * Q,$$

скорость переработки информации:

$$S = (0,5436 * Q - 2,807 * N)/T,$$

где 0,5436 бит – средняя величина информации каждого кольца; 2,807 бит – величина потери информации, приходящаяся на одно кольцо;  $T = 120$  с – время выполнения теста.

Проведены несколько серий из десяти экспериментов с временным зазором в одну неделю или более. В каждом эксперименте испытуемые выполняли тест дважды, – без модуляции светового потока и в процессе модуляции. При длительности импульсов модуляции  $t_{имп} = 10$  мкс эксперименты проведены при двух последовательностях функциональных проб: 1) ВС – без ВС и 2) без ВС – ВС, при 100 и 500 мкс – по схеме 1).

Во всех экспериментах с ВС на неосознаваемом уровне восприятия испытуемым не было известно есть модуляция или нет. Это исключало эффект плацебо.

Обработку результатов проводили с использованием программ Statistica 7 и Excel 7. Уровень значимости ( $p$ ) гипотезы об однородности генеральных совокупностей попарно связанных выборок оценивали по непараметрическому критерию Вилкоксона.

### Результаты и обсуждение

В каждой из всех серий экспериментов средние (см. табл. 1) и медианные (рис. 4) значения общего числа просмотренных колец  $Q$  в процессе ВС больше, чем без ВС. Уменьшение  $Q$  под воздействием ВС в отдельных экспериментах сопровождалось, как правило, ростом  $A$  (рис. 5).

Таблица 1

Средние значения  $Q$ ,  $A$ ,  $P$  и  $S$  без (знаменатель) и в процессе (числитель) ВС и  $p$ -уровни по Вилкоксона при длительностях импульсов модуляции  $t_{имп}$

Схема эксперимента	$t_{имп}$ , мкс	n	$A$ , отн. ед.	$P$ , шт.	$S$ , бит/с	$Q$ , шт.
ВС – без ВС	10	18	0,89 / 0,87	308,7 / 282,8	1,50 / 1,36	358,1 / 332,6
без ВС – ВС	10	10	0,87 / 0,92	292,0 / 291,3	1,41 / 1,37	340,4 / 319,7
ВС – без ВС	100	10	0,90 / 0,87	266,5 / 264,6	1,23 / 1,21	296,5 / 294,5
ВС – без ВС	500	30	0,94 / 0,90	299,0 / 275,0	1,40 / 1,30	330,0 / 311,6

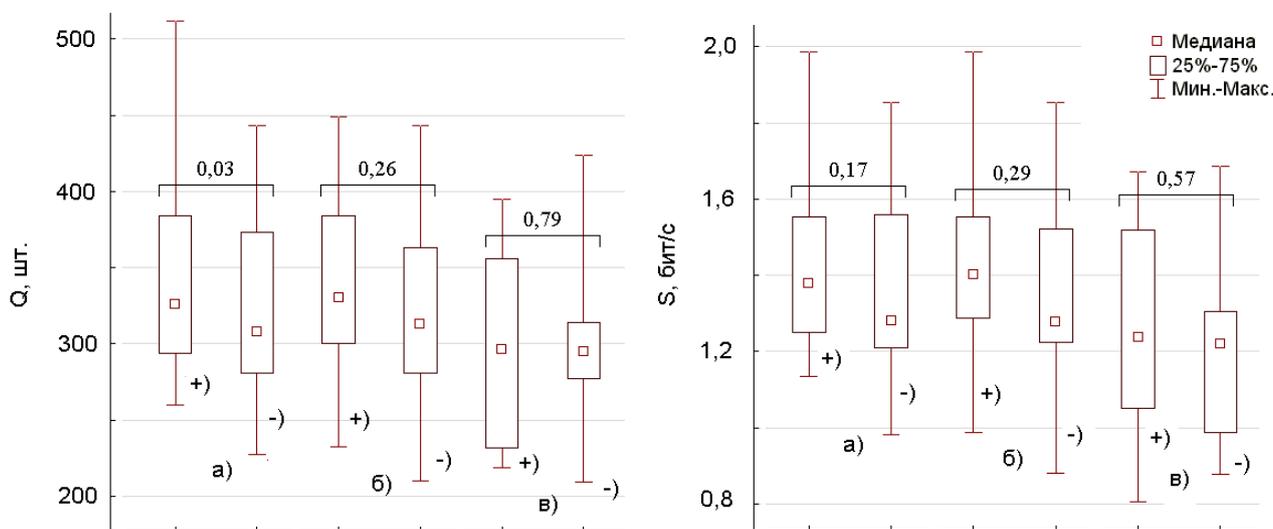


Рисунок 4 – Диаграммы размаха  $Q$  и  $S$  без (-) и в процессе (+) ВС при  $t_{имп}$ , мкс: а - 10, б – 500, в – 100; над диаграммами – значения  $p$ -уровней по Вилкоксона

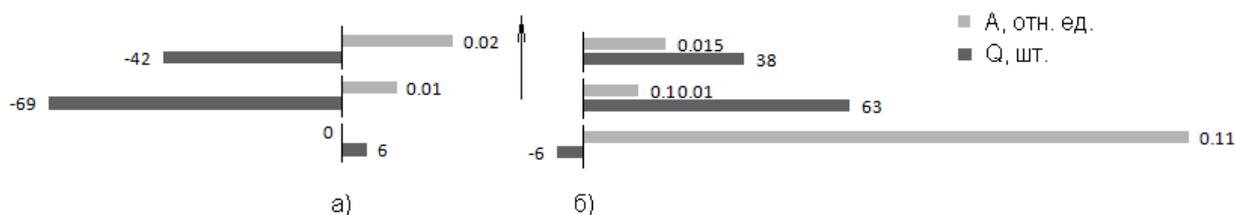


Рисунок 5 – Изменения  $A$  и  $Q$  под воздействием ВС для двух (а, б) испытуемых в трех последовательных экспериментах ( $t_{имп} = 500$  мкс)

При длительности импульсов модуляции  $t_{имм} = 10$  мкс (неосознаваемый уровень восприятия) увеличение  $Q$  под воздействием ВС статистически достоверно ( $p = 0,03$ ). Из-за сопутствующего понижения показателя точности работы  $A$  под воздействием ВС (рис. 6,  $p = 0,19$ ) показатель продуктивности  $P$  (рис. 6,  $p = 0,23$ ) и скорость переработки информации  $S$  увеличиваются менее значимо (рис. 5,  $p = 0,17$ ) по сравнению с  $Q$ .

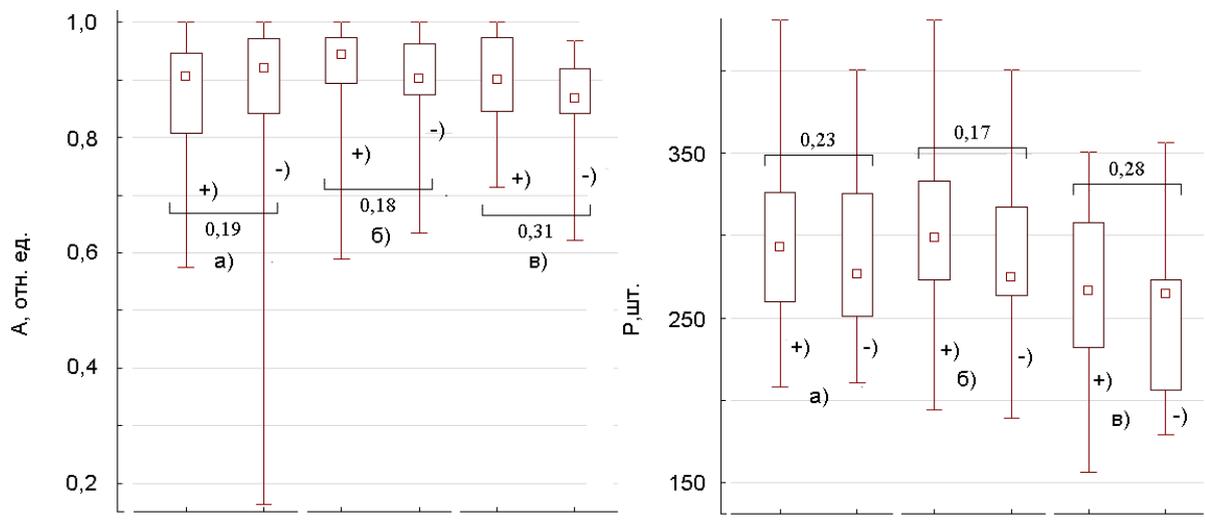


Рисунок 6 – Диаграмма размаха  $A$  и  $P$  без (-) и в процессе (+) ВС при  $t_{имм}$ , мкс: а - 10, б – 500, в – 100

Существенно, что понижение показателя точности работы  $A$  в процессе ВС превалирует в экспериментах по схеме «без ВС – ВС», а в экспериментах по схеме «ВС – без ВС»  $A$  не уменьшается, а растет (см. табл. 1, рис. 7, 8), что можно объяснить последствием ВС в процессе эксперимента.

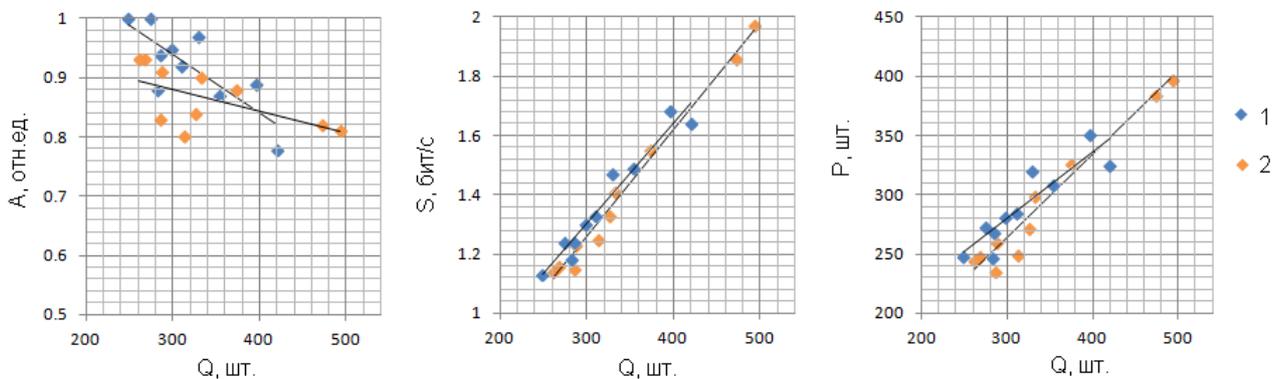


Рисунок 7 – Точечные диаграммы  $A$ ,  $S$ , и  $P$  от  $Q$  без (1) и в процессе (2) ВС в экспериментах по схеме «без ВС – ВС» при  $t_{имм} = 10$  мкс

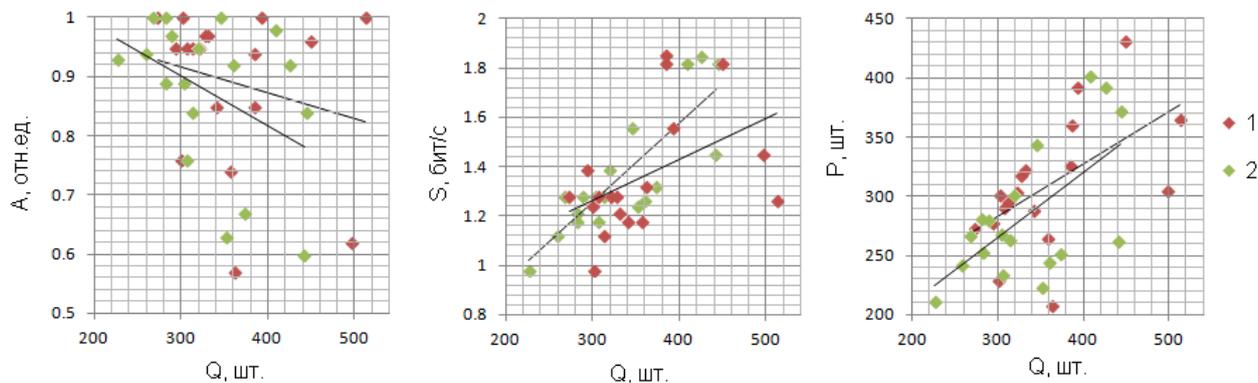


Рисунок 8 – Точечные диаграммы  $A$ ,  $S$ , и  $P$  от  $Q$  без (2) и в процессе (1) ВС в экспериментах по схеме «ВС – без ВС» при  $t_{имм} = 10$  мкс

Общее число просмотренных колец в процессе ( $Q'$ ) и без ( $Q''$ ) ВС при  $t_{умн} = 10$  мкс в диапазоне  $Q'' = 300 \div 450$  описываются выражением  $Q'' \approx 95 + 0,65 Q'$  (рис. 9). Прирост  $Q$  под воздействием ВС  $\Delta Q = Q' - Q'' \approx 0,54 Q'' - 146$  и при  $Q' = 450$  достигает 22 %.

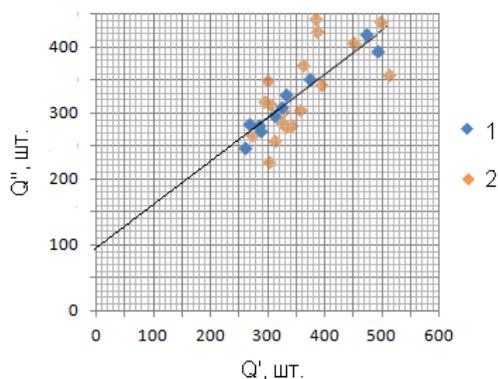


Рисунок 9 – Точечные диаграммы общего числа просмотренных колец без ВС ( $Q''$ ) от общего числа просмотренных колец в процессе ВС ( $Q'$ ) в экспериментах по схеме «ВС – без ВС» (1) и «без ВС – ВС» (2) при  $t_{умн} = 10$  мкс

При  $t_{умн} = 100$  мкс (неосознаваемый уровень восприятия, рис. 10) увеличение  $Q$  под воздействием ВС относительно невелико ( $r = 0,79$ ), показатель точности работы  $A$  увеличивается ( $r = 0,31$ ), причем во всем диапазоне значений  $Q$ . За счет этого увеличиваются показатель продуктивности  $P$  ( $r = 0,23$ ) и скорость переработки информации  $S$  ( $r = 0,17$ ).

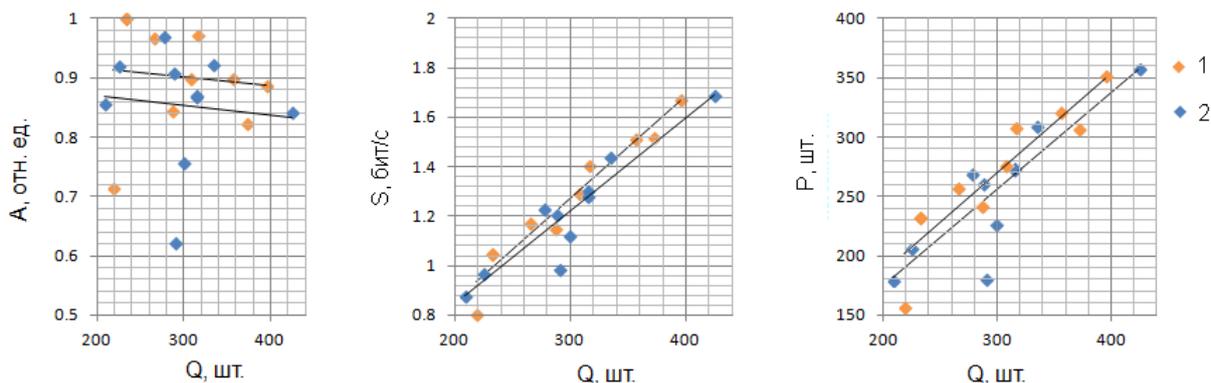


Рисунок 10 – Точечные диаграммы  $A$ ,  $S$ , и  $P$  от  $Q$  без (2) и в процессе (1) ВС в экспериментах по схеме «ВС – без ВС» при  $t_{умн} = 100$  мкс

При  $t_{умн} = 500$  мкс (осознаваемый уровень восприятия, рис. 11) увеличение  $Q$  под воздействием ВС менее значимо ( $r = 0,26$ ), чем при  $t_{умн} = 10$  мкс, но и само значение, и прирост  $Q$  достигают наибольшей величины. При этом показатель точности работы  $A$  не уменьшается, а растет ( $r = 0,18$ ). Соответственно, увеличиваются показатель продуктивности  $P$  ( $r = 0,17$ ) и скорость переработки информации  $S$  ( $r = 0,29$ ).

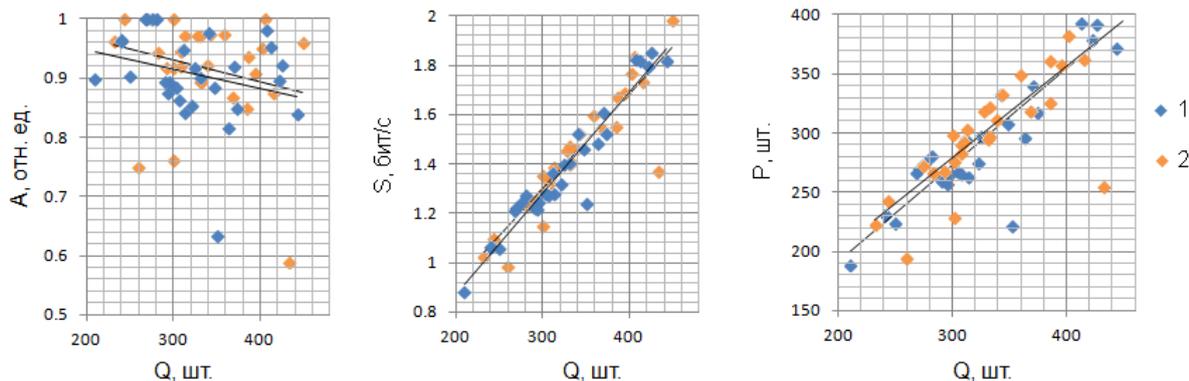


Рисунок 11 – Точечные диаграммы  $A$ ,  $S$ , и  $P$  от  $Q$  без (1) и в процессе (2) ВС в экспериментах по схеме «ВС – без ВС» при  $t_{умн} = 500$  мкс

С ростом  $Q$  показатель  $A$  закономерно уменьшается. Спад  $A(Q)$  замедляется под воздействием ВС (рис. 7, 8). Отметим, что во второй серии экспериментов при  $t_{умп} = 10$  мкс (рис. 12, б) и в третьей серии при  $t_{умп} = 500$  мкс (рис. 12, в) под воздействием ВС  $A(Q)$  даже не уменьшается, а растет.

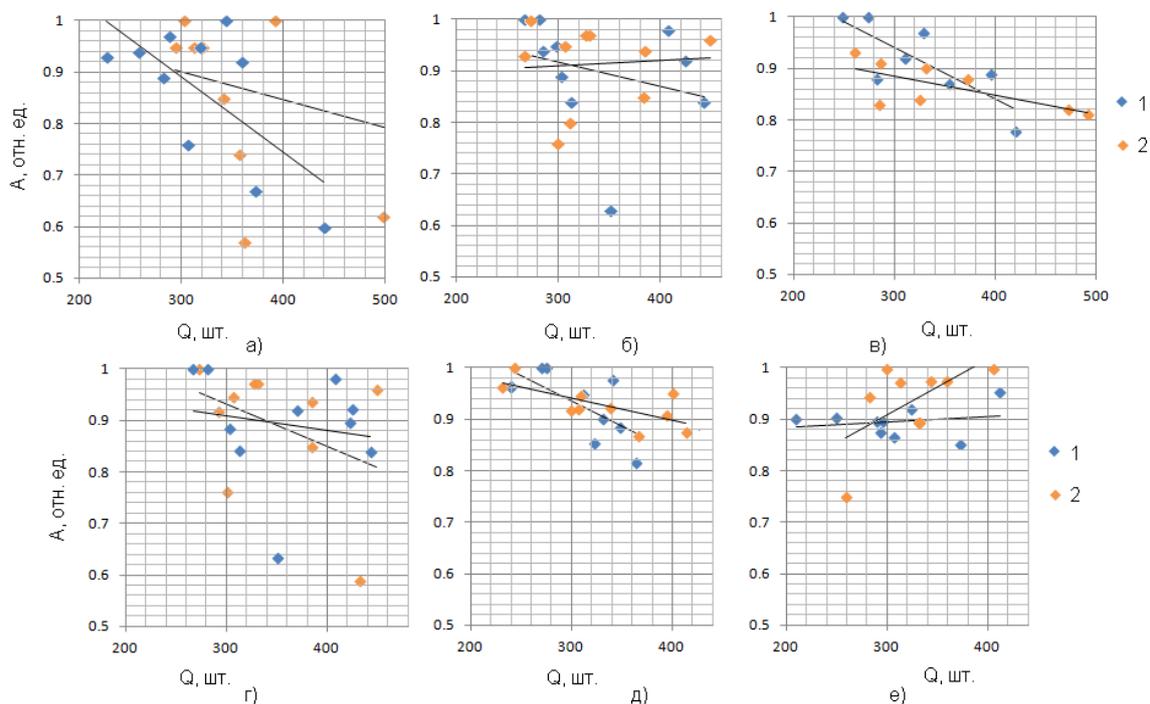


Рисунок 12 – Точечные диаграммы  $A$  от  $Q$  без (1) и в процессе (2) ВС при  $t_{умп} = 10$  (а, б, в) и 500 (г, д, е) мкс в первой (а, г), второй (б, д) и третьей (в, е) серии экспериментов

### Заключение

ВС с частотой 10 Гц и на осознаваемом, и неосознаваемом уровнях восприятия приводит к повышению УР, что согласуется с результатами работы [2].

Механизмы переработки информации человеком соотносят с альфа-активностью электроэнцефалограммы [6, 7]. ВС с частотой альфа-диапазона приводит к повышению альфа-активности [8, 9]. Как и в [2], можно предположить, что ритмическая стимуляция с частотой 10 Гц способствует нормализации психофункционального состояния человека-оператора.

### Литература

1. ТОП-15 препаратов для улучшения памяти и мозга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zapomnivse.com/stati/polezno/preparati-dlya-pamyati-i-mozga.html>, свободный (дата обращения: 19.06.2015).
2. Ахраров Н.М. О влиянии ритмической стимуляции головного мозга на пропускную способность человека оператора // Н.М. Ахраров, Ю.А. Баранова, М.В. Васильева, М.Н. Романовский // Электронные средства и системы управления: Материалы докладов XI Международной научно-практической конференции (25–27 ноября 2015 г.): В 2 ч. – Ч. 1. – Томск: В-Спектр, 2015. – С. 244–247.
3. Кунегин В.С. Использование сверхъярких светодиодов для визуальной стимуляции головного мозга // В.С. Кунегин, О.-Ш.Р. Дабаев, М.Н. Романовский // Электронные средства и системы управления: Материалы докладов XI Международной научно-практической конференции (25–27 ноября 2015 г.): В 2 ч. – Ч. 1. – Томск: В-Спектр, 2015. – С. 255-258.
4. Люксметр-пульсметр-яркометр RADEX LUPIN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.quarta-rad.ru/catalog/luxmetr/luxmetr-pulsometr-yarkomer-radex-lupin/>, свободный (дата обращения: 19.06.2015).

5. Сысоев В.П. Методика диагностики работоспособности. Тест Э. Ландольта. – СПб, «Иматон», 1996. – 30 с.

6. Базанова О.М. Современная интерпретация альфа-активности ЭЭГ// Международный неврологический журнал. – 2011. - № 8. – С. 96 – 104.

7. Basar E. A review of alpha activity in integrative brain function: Fundamental physiology, sensory coding, cognition and pathology// International Journal of Psychophysiology. – 2012. – № 86. – P. 1–24.

8. Бугров Е.В. К влиянию модулированных импульсов света на альфа-активность головного мозга / Е.В. Бугров, К.С. Бразовский, М.Н. Романовский. – Электронные средства и системы управления: Материалы докладов X Международной научно-практической конференции (12–14 ноября 2014 г.): В 2 ч. – Ч. 2. – Томск: В-Спектр, 2014. – С. 4 – 6.

9. Алексеева И.С. К влиянию визуальной стимуляции на альфа-активность электроэнцефалограммы / И.С. Алексеева, Е.В. Бугров, К.С. Бразовский, М.Н. Романовский. – Электронные средства и системы управления: Материалы докладов XI Международной научно-практической конференции (25–27 ноября 2015 г.): В 2 ч. – Ч. 1. – Томск: В-Спектр, 2015. – С. 252 – 255.