

УДК [612.821 + 612.825.8](045)

*МОРОЗОВА Людмила Владимировна, доктор биологических наук, профессор, директор института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 105 научных публикаций, в т. ч. 4 монографий и 4 учебных пособий*

*НОВИКОВА Юлия Владимировна, магистрант кафедры физиологии и морфологии человека института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор одной научной публикации*

## **ОСОБЕННОСТИ ЧТЕНИЯ ТЕКСТА С БУМАЖНЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ НОСИТЕЛЕЙ**

Работа посвящена изучению специфики процесса чтения текстов с разных носителей: жидкокристаллического монитора компьютера и бумажного листа. Исследование проводилось с использованием методов электроэнцефалографии (ЭЭГ) и регистрации критической частоты слияния мельканий (КЧСМ). Проанализированы данные, полученные с помощью обеих методик, выявлены различия.

**Ключевые слова:** чтение текста, электронный носитель, бумажный носитель, ЭЭГ, зрительный анализатор.

В связи с интенсивным развитием информационных технологий все больше появляется различных изданий в электронном варианте. В настоящее время компьютер становится таким же естественным средством познания окружающего мира, каким для предыдущих поколений была книга [18]. В связи с компьютеризацией общества актуальным будет исследование реорганизации биоэлектрической активности головного мозга в процессе чтения текстов с электронного носителя в сравнении с чтением с листа бумаги.

Результаты исследования позволят судить о специфике электрической активности коры головного мозга и уровнях утомления зритель-

ного анализатора в процессе чтения с разных носителей.

**Цель работы:** изучение психофизиологической специфики чтения текстов с разных носителей.

Исходя из поставленной цели, исследование проводилось в два этапа: электрофизиологическое исследование и оценка утомляемости зрительного анализатора.

Электрофизиологическое исследование использовалось для оценки пространственно-временной организации головного мозга при восприятии печатного текста.

Запись ЭЭГ проводилась непрерывно как в фоновом состоянии испытуемых (состояние

спокойного бодрствования с закрытыми и открытыми глазами), так и во время чтения текстов монополярно от симметричных отведений: лобных (F3, F4), центральных (C3, C4), теменных (P3, P4), затылочных (O1, O2), передне-височных (T3, T4) и затылочно-теменно-височных (T5, T6) отведений левого и правого полушарий с раздельными ушными индифферентными электродами. Анализ ритмических составляющих ЭЭГ проводился ЭЭГ в частотных диапазонах тета – 4-7 Гц, альфа 1 – 7,5-9,5 Гц, альфа 2 – 9,5-10,7 Гц, альфа 3 – 10,7-12,7 Гц и бета – 13-20 Гц.

Основным анализируемым параметром была оценка максимума функции когерентности (КОГ) ритмических составляющих биоэлектрической активности мозга в исследуемых состояниях. Когерентность изменяется в диапазоне от +1 (полностью совпадающие участки спектра) до 0 (абсолютно различные). При помощи вычисления когерентности можно определить, какие структуры мозга задействованы в большей степени при выполнении определенного вида деятельности, где находится фокус активации и прочее. Рост КОГ для пары отведений рассматривается как показатель усиления функционального взаимодействия между соответствующими областями коры. В нашей работе вычислялись оценки функции КОГ анализируемых диапазонов частот для межполушарных пар одноименных отведений (6 пар), для всех внутрислошарных пар отведений (30 пар) и для межполушарных диагональных пар (30 пар).

С целью приближения распределения анализируемых переменных (максимумов оценок КОГ) к нормальному использовалось Z-преобразование Фишера. Компьютерная обработка электроэнцефалографических данных осуществлялась методом спектрально-корреляционного анализа (Быстрое Преобразование Фурье) при помощи программы Neuroscope 4.7 [17]. Спектрально-корреляционный анализ позволяет выявлять степень синхронности различных ритмических колебаний биопотенциалов в двух областях коры на основе вычисления

функции когерентности. Оценка достоверности различий КОГ проводилась с использованием непараметрического критерия Вилкоксона. Различия считались статистически значимыми при величине уровня значимости  $p < 0,05$ .

Оценка утомляемости зрительного анализатора была проведена методом определения критической частоты слияния мельканий (КЧСМ). Под КЧСМ понимается та минимальная частота перерывов света в секунду, при которой прерывистый свет перестает казаться мигающим, но производит впечатление света ровного, одной, не меняющейся яркости [9]. КЧСМ зависит от многих факторов: освещенности и размера тестирующего поля, его места на проекции сетчатки, спектрального состава света, длительности и глубины модуляции стимулов, их количества при многократном предъявлении. Большинство исследователей воздействуют световыми стимулами длительностью 0,5 периода их предъявления. Однако погрешность измерения КЧСМ зависит от длительности светового стимула. Следует отметить зависимость КЧСМ не только от методики измерения, но и от физиологического состояния человека. КЧСМ не зависит от остроты зрения и рефракции и характеризует функциональное состояние зрительного анализатора в целом [5].

Для определения КЧСМ использовался прибор – светостимулятор, подключаемый к свободному порту персонального компьютера. Управление светостимулятором осуществляется программой Блик, предназначенной для IBM-совместимых компьютеров. Разработанная программа обеспечивает управление светостимулятором и ведение базы данных. В программе предусмотрена регистрация испытуемых и результатов их тестирования в базе данных, просмотр и редактирование записей в базе данных, построение графиков изменения КЧСМ в зависимости от даты и времени проведения тестирования для каждого испытуемого. Это позволяет проследить динамику показателей зрительного утомления, оценивать эффективность стимулирующего лечения для каждого испытуемого, а также проводить срав-

нительный анализ КЧСМ для различных групп испытуемых.

При регистрации КЧСМ испытуемый смотрит на выносной источник света, который мелькает с переменной частотой, причем увеличение или уменьшение частоты мельканий световых вспышек осуществляется при помощи клавиатуры или «мышки». Частотный диапазон, как правило, выбирается от 25 до 50 Гц. При малой частоте мельканий испытуемый видит серию вспышек, с увеличением частоты вспышек появляется ощущение мерцания, вначале грубое, затем тонкое и, наконец, наступает ощущение полной слитности предъявляемого стимула. Определение КЧСМ проводится отдельно для каждого глаза, с изменением видимой частоты мельканий от меньшей к большей или, наоборот, от большей к меньшей. Показания текущей частоты мельканий отражаются на экране монитора.

По данным Егоровой Т.С. и Голубцова К.В., средние показатели слияния мельканий при неустоленном зрении составляют 41-45 Гц. Однако следует отметить, что эти показатели характерны только для макулярной зоны сетчатки при центральном предъявлении стимула. Показатели порядка 38 Гц и ниже указывают на утомление или патологию зрительной системы [4, 5, 7].

Всего в эксперименте на добровольной основе приняли участие 50 (электроэнцефаллографическое исследование) и 25 (исследование КЧСМ) студентов в возрасте от 18 до 22 лет. Предварительно участники были ознакомлены с характером исследования. Для эксперимента были подобраны тексты схожей эмоциональной окраски, напечатанные шрифтом Times New Roman 14 кеглем.

Электроэнцефаллографическое исследование включало две ситуации: фоновая запись ЭЭГ и запись чтения (студентам предлагалось прочесть в обычном темпе про себя отрывок художественного текста, напечатанного на бумаге, затем прочесть текст с жидкокристаллического монитора компьютера). На чтение давалось 2 минуты.

При записи КЧСМ участникам было предложено читать текст с бумаги и с жидкокристаллического монитора в течение 15 минут, после чего проводилась регистрация КЧСМ. Предварительно проводилась регистрация КЧСМ в фоновом состоянии. Для достоверности результатов регистрация КЧСМ при чтении с разных носителей проводилась в разные дни.

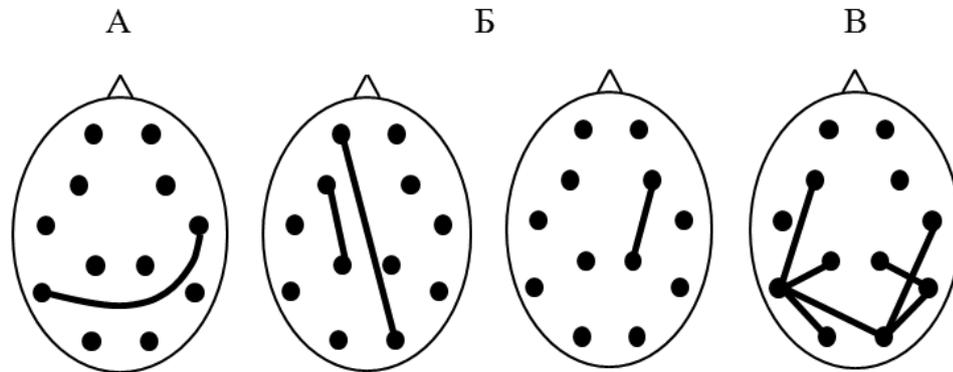
Математический и статистический анализ результатов исследования проводился с применением пакета прикладных программ Microsoft Excel для Windows. В статистическую обработку результатов входил анализ распределения признаков и их числовых характеристик (средних величин, ошибки средней, стандартных отклонений). Для оценки достоверности различий был использован критерий Стьюдента. Различия считались достоверными при величине уровня значимости  $p < 0,05$ .

**Результаты.** Когерентный анализ ЭЭГ показал, что во время чтения текста, как с бумажного, так и с электронного носителя происходила реорганизация биоэлектрической активности мозга в части исследуемых диапазонов.

В ситуации чтения с бумажного носителя при переходе от фона к чтению наблюдалось достоверно значимое увеличение максимума оценки функции КОГ в альфа-2 поддиапазоне между задневисочной областью левого полушария и височной областью правой гемисферы (см. *рис. 1 А*).

Увеличение когерентности многие исследователи связывают с формированием доминанты и, соответственно, с вовлечением в выполнение одного задания различных зон коры [12]. Правая височная доля участвует в запоминании зрительной информации. Височные доли часто называют «интерпретирующей корой», поскольку они интерпретируют поступающую информацию, интегрируют ее с имеющейся информацией, помогают извлекать смысл [3].

При анализе значений когерентности в ситуации чтения с электронного носителя было выявлено достоверное увеличение в альфа 2- (F3 – O2, C3 – P3) и альфа 3- (C4 – P4)



**Рис. 1.** Достоверные ( $p < 0,05$ ) различия оценок максимума функции КОГ ритмических составляющих ЭЭГ студентов: А – при переходе от состояния покоя к чтению с бумажного носителя; Б – при переходе от состояния покоя к чтению с монитора компьютера; В – при переходе от чтения с бумажного носителя по к чтению с экрана монитора. Обозначения: сплошная линия – большие значения

диапазонах при переходе от фона к чтению (рис. 1 Б). Для реорганизации биоэлектрической активности на частоте 9,5-10,7 Гц было характерно увеличение межполушарных диагональных связей между дистантно расположенными отведениями.

Некоторые авторы связывают увеличение когерентности в центрально-париетальных отделах с вовлечением ресурсов внимания в выполнение задания [13]. Важным в механизме чтения является умение устанавливать звукобуквенные соответствия по тексту и прогнозировать развертывания языкового материала по определенной мозговой программе, эта функция принадлежит лобным долям коры [1].

При сравнении ситуации чтения текста с бумажного носителя по сравнению с чтением экранного текста наблюдалось достоверное увеличение максимума оценки функции КОГ в бета-диапазоне между затылочными, теменными и височными областями в обоих полушариях (см. рис. 1 В).

Большой интерес представляет проблема взаимосвязей ввысокочастотном бета-ритме, поскольку на этой частоте осуществляется взаимодействие между различными отделами мозга во время сенсорно-перцептивных

процессов, при когнитивной деятельности и мышлении [6]. Установлено, что не только вербальные задания, но и тесты, предполагающие зрительно-пространственный гнозис, выполняются тем успешнее, чем выше мощность бета-активности в ЭЭГ постцентральных областей левого полушария.

Полученные данные о функциональном взаимодействии указанных областей головного мозга объясняются тем, что переработка зрительной информации осуществляется затылочными отделами полушарий мозга. Зрительно-пространственная информация перерабатывается третичными полями второго функционального блока, которые являются зонами перекрытия теменной и затылочной областей. Данный компонент функциональной системы чтения обеспечивает ориентировку на плоскости страницы, соблюдение последовательности прочтения слов, строк и т. д. Теменно-затылочные отделы коры головного мозга являются аппаратом, который координирует центральные отделы зрительного, кинестетического и вестибулярного анализаторов, они играют существенную роль в объединении поступающей информации в одновременные пространственные группы,

сопоставляя отдельные сигналы и организуя их в целые пространственно организованные структуры [11]. Точное зрительное восприятие может обеспечить только совместная деятельность левого и правого полушарий [15]. Поэтому изменения когерентности происходят симметрично в обоих полушариях.

Таким образом, можно предположить, что чтение с монитора компьютера – процесс вызывающий большее напряжение, нежели чтение с бумажного носителя, так как чтение экранного текста требует большего функционального взаимодействия отделов головного мозга.

Основной методологией изучения ответной реакции зрительной системы на способ предъявления информации явилась сравнительная оценка удобочитаемости на экране и на бумажном носителе [2]. Нами были получены достоверные различия КЧСМ в фоновом состоянии и при чтении (см. *таблицу*). Средние значения КЧСМ в фоновом состоянии соответствуют нормативным, после нагрузки достоверно снижаются, как при чтении текста с бумаги, так и при чтении текста с монитора, что свидетельствует об утомлении зрительного анализатора.

Имеющиеся многочисленные данные о зависимости значения КЧСМ от степени утомления можно объяснить тем, что в развитии утомления, вызванного физической или умственной работой, основная роль принадлежит центральной нервной системе. Утомление организма человека есть целостный процесс с центральной-корковым ведущим звеном, представляю-

щим по биологической сущности корковую защитную реакцию, а по физиологическому механизму – снижение работоспособности прежде всего самих корковых клеток, что обусловлено их охранительным торможением. Учитывая, что показатель КЧСМ определяется высшими отделами зрительного анализатора, так как центральный зрительный нейрон и зрительная кора являются самыми инертными звеньями зрительной системы, то при утомлении организма в связи со снижением работоспособности корковых клеток значение КЧСМ уменьшается, что позволяет контролировать функциональное состояние организма и степень его утомления по изменению КЧСМ [14].

Установлены достоверные различия между показателями КЧСМ при чтении с разных носителей, средние значения КЧСМ в большей степени снижаются при чтении текста с монитора компьютера. Зрительная система человека оказалась недостаточно приспособленной к считыванию информации с дисплея. Условия работы за монитором противоположны тем, которые привычны для наших глаз. Изображение на экране сильно отличается от естественных объектов, так как оно самосветящееся, а не отраженное и имеет меньшую контрастность. Экранные символы состоят из дискретных точек – пикселей. Четких границ эти точки не имеют, а потому знаки и линии гораздо менее контрастны, чем в книге. Все это уменьшает точность аккомодационной фокусировки и приводит к формированию отставания аккомодации. Аккомодационная мышца не

**СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ КЧСМ  
В РАЗЛИЧНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Экспериментальная ситуация			Средние значения КЧСМ, Гц	Достоверность различий по t-критерию Стьюдента
Фон	Левый глаз	1	40,92	
	Правый глаз	2	40,84	
Чтение с бумаги	Левый глаз	3	38,48	1>3, p=0,00001
	Правый глаз	4	38,46	2>4, p=0,00001
Чтение с монитора	Левый глаз	5	37,1	1>5, p=0,00001
	Правый глаз	6	37,04	2>6, p=0,006

может постоянно удерживать фокус в нужном положении и периодически он оказывается за экраном в определенной точке (точка покоя аккомодации). Таким образом, глаз постоянно осуществляет переключение от нее до точки фокуса на экране, что приводит к появлению усталости и развитию аккомодационных дисфункций [8, 16]. Деятельность, требующая от сетчатки выполнения неудобной для нее работы, приводит к чрезмерной нагрузке на зрительную систему. Такой деятельностью, в частности, является работа на компьютере. При работе с монитором возникает необходимость разглядывать мелкие объекты, внимание оператора почти постоянно направлено в центр экрана, вследствие чего основная нагрузка приходится на центральную зону сетчатки [10].

### Выводы:

1. При чтении текста с экрана монитора наблюдалось увеличение пространственной синхронизации биопотенциалов мозга в бета-диапазоне между зрительными, теменными и задневисочными зонами правой и левой гемисфер.

2. В сравнении с результатами, регистрируемыми в фоновом состоянии, показатели КЧСМ после чтения снижаются, что свидетельствует об утомлении зрительного анализатора.

3. Напряжение зрительного анализатора при чтении с электронных и бумажных носителей достоверно отличается: при чтении с экрана монитора утомление нарастает больше, чем при чтении с листа бумаги.

### Список литературы

1. Андреев О.А. Учитесь быстро читать. М., 1991.
2. Баранов А.А. Чтение, компьютер и здоровье / А.А. Баранов, В.Р. Кучма, Л.М. Текшева // Вопросы современной педиатрии. 2008. Т. 7. № 1. С. 21–25.
3. Голдберг Э. Управляющий мозг: Лобные доли, лидерство и цивилизация. М., 2003.
4. Голубцов К.В. Компьютерная система для диагностики зрения / К.В. Голубцов, О.Ю. Орлов, Э.А.-И Айду // Информационные процессы. 2002. Т. 2. № 2. С. 275–278.
5. Голубцов К.В. Мелькающий свет в диагностике и лечении патологических процессов зрительной системы человека / К.В. Голубцов, И.Г. Куман, Т.С. Хейло // Информационные процессы. 2003. Т. 3. № 2. С. 114–122.
6. Дикая Л.А. Экспериментальное исследование паттернов ЭЭГ-активности // Экспериментальная психология в России: Традиции и перспективы. 2010. С. 850–854.
7. Егорова Т.С. КЧСМ в определении зрительной работоспособности слабовидящих школьников // Информационные процессы. 2002. Т. 2. № 1. С. 106–110.
8. Исакова Е.В. Работа с компьютером и компьютерный зрительный синдром // Вятский мед. вестн. 2011. № 3–4. С. 32–35.
9. Кравков С.В. Глаз и его работа. М., 1950.
10. Кучма В.Р. Эти глаза напротив монитора / В.Р. Кучма, Н.Д. Бобрищева-Пушкина // Мир ПК. 1997. № 3. URL: <http://www.osp.ru/pcworld/1997/03/157150/> (дата обращения: 12.12.2012).
11. Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. М., 1973.
12. Никишени И.С. Динамика спектров мощности и когерентности ЭЭГ в ходе курса Бета1-тренинга у детей с нарушением внимания / И.С. Никишени, Ю.Д. Кропотов, В.А. Пономарёв // Бюлл. Сибирского отд. РАМН. 2004. № 3. С. 78–80.
13. Разумникова О.М. Функциональная организация коры головного мозга при дивергентном и конвергентном мышлении (Роль фактора пола и личностных характеристик): дис. ... д-ра наук. Новосибирск, 2003.

14. Рожнецов В.В. Статистическая оценка функционального состояния человека методом КЧСМ // Цифровая обработка многомерных сигналов: материалы Всерос. науч. конф. 1996. С. 118–120.
15. Русецкая М.Н. Нарушения чтения у младших школьников: анализ речевых и зрительных причин. Монография. СПб., 2007.
16. Сутормина О.В. Организация диагностики аккомодационно-вергентных дисфункций при компьютерном зрительном синдроме // Вестн. Тамбов. ун-та. Сер.: Естеств. и техн. науки. 2011. Т. 16. № 3. С. 893–896.
17. Труш В.Д. ЭВМ в нейрофизиологических исследованиях / В.Д. Труш, А.В. Кориневский. М., 1978.
18. Четвернина М.И. Особенности чтения электронных текстов // Вестн. Моск. гос. обл. ун-та. Сер.: Педагогика. 2010. № 1. С. 172–176.

## References

1. Andreev O.A. *Uchites' bystro chitat'* [Learn How to Read Fast]. Moscow, 1991.
2. Baranov A.A., Kuchma V.R., Teksheva L.M. Chtenie, komp'yuter i zdorov'e [Reading, Computer and Health]. *Voprosy sovremennoy pediatrii*, 2008, vol. 7, no. 1, pp. 21–25.
3. Goldberg E. *Upravlyayushchiy mozg: Lobnye doli, liderstvo i tsivilizatsiya* [The Executive Brain: Frontal Lobes and the Civilized Mind]. Moscow, 2003.
4. Golubtsov K.V., Orlov O.Yu., Aydu E.A.I., et al. Komp'yuternaya sistema dlya diagnostiki zreniya [A Computer System for Sight Diagnosis]. *Informatsionnye protsessy*, 2002, vol. 2, no. 2, pp. 275–278.
5. Golubtsov K.V., Kuman I.G., Kheylo T.S., et al. Mel'kayushchiy svet v diagnostike i lechenii patologicheskikh protsessov zritel'noy sistemy cheloveka [Flickering Light for the Diagnosis and Treatment of Pathological Processes of the Human Visual System]. *Informatsionnye protsessy*, 2003, vol. 3, no. 2, pp. 114–122.
6. Dikaya L.A. Eksperimental'noe issledovanie patternov EEG-aktivnosti [Experimental Study of EEG Activity Patterns]. *Eksperimental'naya psikhologiya v Rossii: Traditsii i perspektivy*, 2010, pp. 850–854.
7. Egorova T.S., Golubtsov K.V. KChSM v opredelenii zritel'noy rabotosposobnosti slabovidyashchikh shkol'nikov [CFFF for Determining Visual Efficiency in Visually Impaired Schoolchildren]. *Informatsionnye protsessy*, 2002, vol. 2, no. 1, pp. 106–110.
8. Isakova E.V. Rabota s komp'yuterom i komp'yuternyy zritel'nyy sindrom [Working with Computer and Computer Vision Syndrome]. *Vyatskiy meditsinskiy vestnik*, 2011, no. 3–4, pp. 32–35.
9. Kravkov S.V. *Glaz i ego rabota* [The Eye and its Functioning]. Moscow, 1950.
10. Kuchma V.R., Bobrishcheva-Pushkina N.D. Eti glaza naprotiv monitora [These Eyes in Front of the Monitor]. *Mir PK*. 1997, no. 3. Available at: <http://www.osp.ru/pcworld/1997/03/157150/> (accessed 12 December 2012).
11. Luriya A.R. *Osnovy neyropsikhologii* [Fundamentals of Neuropsychology]. Moscow, 1973.
12. Nikishena I.S., Kropotov Yu.D., Ponomarev V.A. Dinamika spektrov moshchnosti i kogerentnosti EEG v khode kursa Beta1-treninga u detey s narusheniem vnimaniya [Dynamics of EEG Power and Coherence During Relative Beta Neurofeedback in ADHD Children]. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*, 2004, no. 3, pp. 78–80.
13. Razumnikova O.M. *Funktsional'naya organizatsiya kory golovnogo mozga pri divergentnom i konvergentnom myshlenii (Rol' faktora pola i lichnostnykh kharakteristik): dokt. dis.* [Functional Organization of the Cerebral Cortex in Divergent and Convergent Thinking (role of gender and personality): doct. diss.]. Novosibirsk, 2003.
14. Rozhentsov V.V. Statisticheskaya otsenka funktsional'nogo sostoyaniya cheloveka metodom KChSM [Statistical Evaluation of the Functional State of a Person Using CFFF Method]. *Tsifrovaya obrabotka mnogomernykh signalov: Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii* [Digital Processing of Multidimensional Signals: Proc. All-Russian Scientific Conference]. 1996, pp. 118–120.
15. Rusetskaya M.N. *Narusheniya chteniya u mladshikh shkol'nikov: Analiz rechevykh i zritel'nykh prichin* [Reading Disorders in Primary School Children: Analysis of Speech and Visual Causes]. St. Petersburg, 2007.

16. Sutormina O.V. Organizatsiya Diagnostiki akkomodatsionno-vergentykh disfunktsiy pri komp'yuternom zritel'nom sindrome [Organization of Diagnostic Accomodative-vergence Dysfunction on Computer Vision Syndrome]. *Vestn. Tambovskogo un-ta. Ser.: Estestv. i tekhn. nauki*, 2011, vol. 16, no. 3, pp. 893–896.

17. Trush V.D., Korinevskiy A.V. *EVM v neyrofiziologicheskikh issledovaniyakh* [Computers in Neurophysiological Studies]. Moscow, 1978.

18. Chetvernina M.I. Osobennosti chteniya elektronnykh tekstov [Features of Reading of Electronic Texts]. *Vestn. Moskovskogo gos. obl. un-ta. Ser.: Pedagogika*, 2010, no. 1, pp. 172–176.

***Morozova Lyudmila Vladimirovna***

Institute of Natural Sciences and Biomedicine,  
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

***Novikova Yuliya Vladimirovna***

Institute of Natural Sciences and Biomedicine,  
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

### READING A TEXT USING PAPER AND ELECTRONIC MEDIA

The article studies special features of the process of reading a text using different media: an LCD monitor and a paper sheet. The study was conducted using EEG (electroencephalography) methods and critical flicker fusion frequency (CFFF) registration. The data obtained with the use of both methods were analyzed; differences were revealed.

**Keywords:** *reading, electronic media, paper media, EEG, visual analyzer.*

*Контактная информация:*

Морозова Людмила Владимировна

*e-mail:* l.morozova@narfu.ru

Новикова Юлия Владимировна

*e-mail:* juli-nv@mail.ru

Рецензент – *Соколова Л.В.*, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии и морфологии человека института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова