

УДК 616.8 – 073.97

**Е.А. Кижеватова, В.П. Омельченко**

**АНАЛИЗ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА  
ПРИ КОГНИТИВНЫХ НАРУШЕНИЯХ У БОЛЬНЫХ С  
ЭНЦЕФАЛОПАТИЕЙ**

*Исследовались спектральные характеристики электроэнцефалографии (ЭЭГ) у больных с диабетической энцефалопатией (30 человек: 20 женщин и 10 мужчин) и у больных с дисциркуляторной энцефалопатией (30 человек: 12 женщин и 1 мужчина). Больные с дисциркуляторной и диабетической энцефалопатиями отличались от здоровых испытуемых большей относительной спектральной мощностью дельта-активности и меньшей альфа-активности на ЭЭГ затылочных, лобных, теменных областях коры головного мозга. Также проводилось психологическое тестирование всех испытуемых с целью определения нарушений когнитивных функций головного мозга и с целью исключения наличия депрессии. В данном исследовании во время регистрации электроэнцефалографии у больных с дисциркуляторной энцефалопатией и здоровых испытуемых проводили решение когнитивных задач, после чего также исследовали спектральные характеристики ЭЭГ, по результатам которых были выявлены наиболее информативные ритмы ЭЭГ и области коры головного мозга, в которых они проявляются.*

*Электроэнцефалография; диабетическая и дисциркуляторная энцефалопатия.*

**E.A. Kizhevatova, V.P. Omelchenko**

**THE ANALYSIS OF BRAIN BIOELECTRIC ACTIVITY OF COGNITIVE  
VIOLATIONS FOR THE PATIENTS WITH ENCEPHALOPATHY**

*Spectral characteristics of the electroencephalography (EEG) for the patients with diabetic encephalopathy (30 subjects: 20 women and 10 men) and patients with dyscirculatory encephalopathy (30 subjects: 12 women and 1 men). The patients with dyscirculatory and diabetic encephalopathies differed from healthy examinees with the bigger relative spectral power of delta activity and smaller alpha activity on EEG of occipital, frontal, parietal cerebral cortex areas. Psychological testing of all examinees was performed to define violations of brain cognitive functions and exclude the depression. During electroencephalography registration the patients with dyscirculatory encephalopathy and healthy examinees solved cognitive tasks, followed by investigation of EEG spectral characteristics. The results showed the most informative EEG rhythms and cerebral cortex area where they are found.*

*Electroencephalography; diabetic and discirculator encephalopathy.*

Энцефалопатия головного мозга представляет собой серьезное заболевание, характеризующееся диффузным поражением головного мозга. При данной патологии происходит нарушение функций мозга с последующей гибелью нервных клеток по причине недостаточного поступления крови и кислорода в мозговые ткани. Возникает данное заболевание на фоне уже имеющейся болезни, например сахарного диабета (диабетическая энцефалопатия) и ишемии головного мозга (дисциркуляторная энцефалопатия). У больных с энцефалопатией наблюдаются нарушения когнитивных функций головного мозга. В литературе выделяют три специфических типа нарушений при энцефалопатии: дефицит памяти (нарушения краткосрочной и временной памяти); дефицит внимания; нарушение "фактора скорости" – замедленность усвоения информации и приобретения навыков [3, 2, 8]. В настоящее время провести оценку нарушений когнитивных функций можно не только при помощи когнитивных задач и психологических тестов, но и при помощи электрофизиологического исследования [4]. Достаточно актуальной является не только сама электроэнцефалограмма, но и дополнительные методы ее анализа, которые бы повысили информативность данного исследования.

Таким образом, цель данной работы - демонстрация возможностей компьютерной ЭЭГ как инструмента оценки когнитивных функций у больных с диабетической энцефалопатией и с дисциркуляторной энцефалопатией. Кроме этого, целью настоящего исследования было выявление особенностей электроэнцефалограммы, которые наиболее характерны для электроэнцефалограммы больных с диабетической энцефалопатией и больных с дисциркуляторной энцефалопатией.

В данном исследовании приняли участие 90 человек: больные с диабетической энцефалопатией (группа 1), больные с дисциркуляторной энцефалопатией (группа 2) и контрольная группа. В группе больных с диабетической энцефалопатией было 20 женщин (66 % от группы 1) и 10 мужчин (34 % от группы 1). В группе больных с дисциркуляторной энцефалопатией было 12 женщины (40 % от группы 2) и 18 мужчин (60 % от группы 2). Средний возраст больных с диабетической энцефалопатией имел значение  $58,9 \pm 4,3$  лет ( $p > 0,95$ ). Средний возраст больных с дисциркуляторной энцефалопатией имел значение  $69,1 \pm 2,6$  лет ( $p > 0,95$ ). Контрольную группу составили здоровые лица 18–29 лет, общая численность которых была 30 человек: 16 женщин (53 % от контрольной группы) и 14 мужчин (47 % от контрольной группы).

Запись биоэлектрической активности головного мозга (Фоновая запись: пациент находится в сидячем положении на кресле, его состояние расслабленное, глаза закрыты) осуществлялась на 16-канальном электрокардиографе «Энцефалан-131-03» при постоянном времени 0,3 с и фильтре верхних частот 40 Гц при частоте дискретизации 125 Гц (производство фирмы ООО НПКФ «Медиком-МТД», г. Таганрог). Синхронно с электроэнцефалограммой регистрировали электрокардиограмму (ЭКГ), затем исходную запись ЭЭГ подвергали фильтрации и в автоматическом режиме удаляли артефакты от ЭКГ. Исследование осуществляли на базе кафедры медицинской и биологической физики ГБОУ ВПО Ростовского государственного медицинского университета Министерства Здравоохранения Российской Федерации.

Клиническую оценку состояния больных с диабетической энцефалопатией и больных с дисциркуляторной энцефалопатией проводили на кафедре неврологии и нейрохирургии (заведующий Балязин В.А.) совместно с врачом-неврологом Бакузовой Джиной Владиславовной.

Для оценки когнитивных нарушений у больных обеих групп обращали внимание на часто предъявляемые на приеме врача симптомы: снижение настроения, тревога, общая слабость, головная боль, режима бодрствование-сон, жалобы на плохую память, снижение интеллектуальных способностей. В качестве скринингового исследования использовали психологические тесты: «5 слов» (D.Dubois, 2002); проба Шульте; тест рисования часов [4, 6].

Тестирование показало, что только 24 человека (40%) имели средние показатели тестов. В то время как 36 человек (60 %) – нарушения когнитивных функций различной степени выраженности. Так тест «5 слов»: непосредственное воспроизведение  $-4,4 \pm 0,2$  (норма 5 слов); проба Шульте –  $65,7 \pm 9,1$  секунд (норма 25–30 секунд); тест рисования часов  $8,4 \pm 0,2$  баллов (в норме 10 баллов). При этом тяжесть нарушения когнитивных функций не зависела от пола пациентов и их возраста. Эти результаты подтверждают наличие когнитивных дисфункций у больных с диабетической энцефалопатией и у больных с дисциркуляторной энцефалопатией, выраженных расстройством памяти, трудоспособности, рассеянностью и пр. Примеры результатов теста на рисовании часов больными испытуемыми представлены на рис. 1.

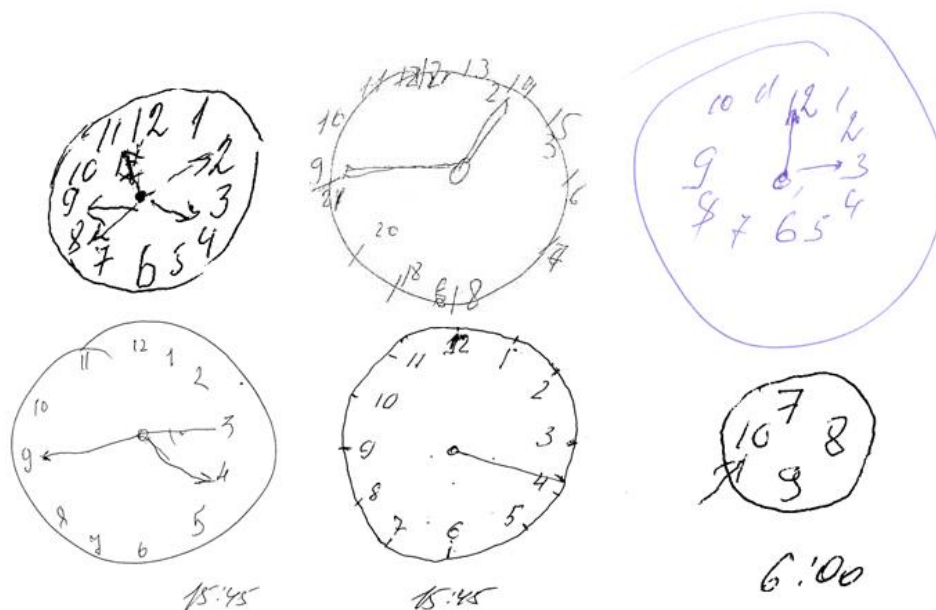


Рис. 1. Примеры рисунков часов

При анализе ЭЭГ сначала проводили визуальную оценку, при которой было установлено, что имел место сдвиг частоты биоэлектрической активности в сторону медленных волн. Также наблюдалось подавление альфа-ритмов у больных с диабетической энцефалопатией и больных с дисциркуляторной энцефалопатией.

Для оценки организации основного ритма покоя использовали абсолютные и нормированные значения спектра ЭЭГ. Абсолютные спектры строили по абсолютным значениям мощности сигналов, а нормированные отражали относительную мощность сигнала (значение мощности сигнала к суммарной мощности). Наиболее информативными для исследования были отведения затылочных, лобных, височных областей головного мозга. Анализ Фурье и построение спектров осуществляли при помощи программы MS Excel.

Спектральный анализ показал, что когнитивные нарушения отражались на параметрах  $\alpha$ - и  $\delta$ -ритма (рис. 2-7). Чем ниже мощность  $\alpha$ -ритма и выше у  $\delta$ -ритма, тем более выражены патологические процессы в головном мозге у больных диабетической и дисциркуляторной энцефалопатиями. Спектральные характеристики альфа-активности, по данным литературы, слабо коррелируют с уровнем интеллекта, но сам альфа-ритм является производным когнитивной деятельности, поэтому снижение его мощности по сравнению с контрольной группой можно рассматривать как отражение более низкой когнитивной активности. Этот показатель может стать особенно интересным, в связи с его специфичностью для когнитивных функций.

Также в работе провели анализ значений энтропий ЭЭГ больных и здоровых испытуемых, так как информационная энтропия несет значительную информацию о состоянии биологического объекта, как динамической системы.

Энтропия – мера неопределенности некоторой ситуации, подобна дисперсии. Но дисперсия является адекватной мерой рассеяния лишь для специальных распределений вероятностей случайных величин (в частности, для гауссова распределения), а энтропия не зависит от типа распределения.

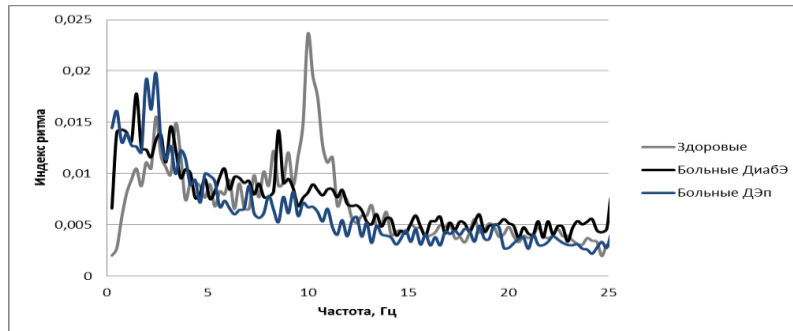


Рис. 2. Относительные спектры F3-A1 больных и здоровых испытуемых

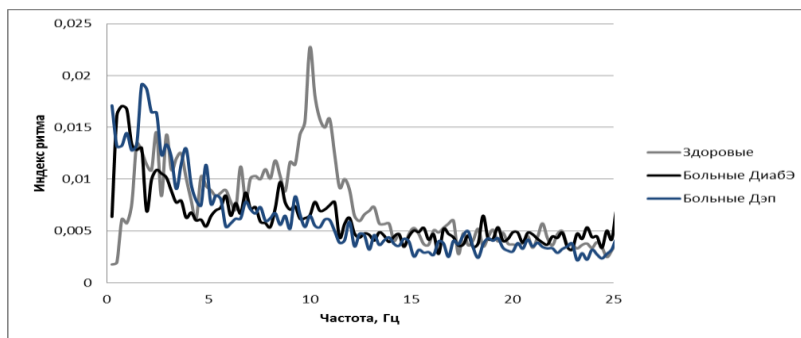


Рис. 3. Относительные спектры F4-A2 больных и здоровых испытуемых

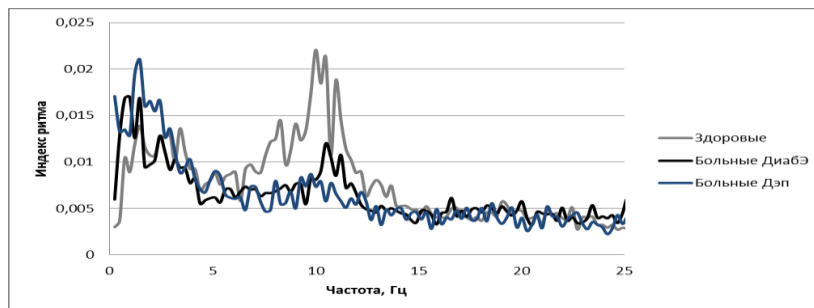


Рис. 4. Относительные спектры C3-A1 больных и здоровых испытуемых

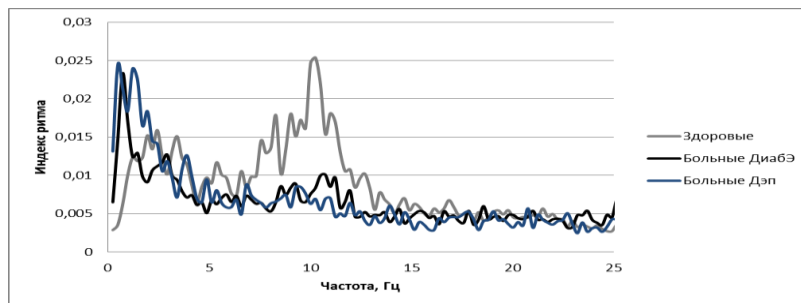


Рис. 5. Относительные спектры C4-A2 больных и здоровых испытуемых

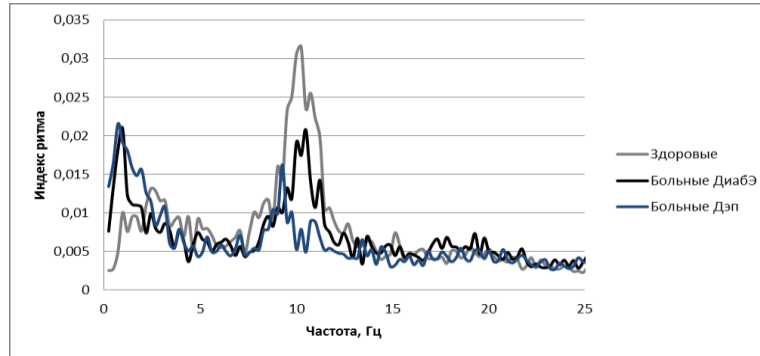


Рис. 6. Относительные спектры O1-A1 больных и здоровых испытуемых

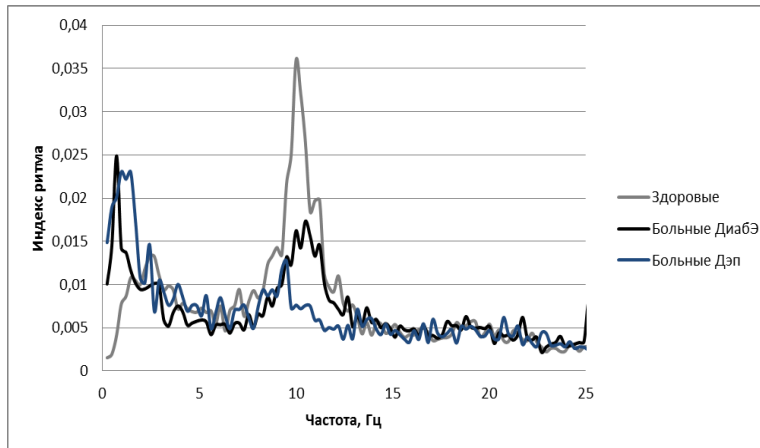


Рис. 7. Относительные спектры O2-A2 больных и здоровых испытуемых

Информационная энтропия  $H(X)$  характеризует не только количество возможных значений  $x_i$ , но и вероятности  $p(x_i)$  соответствующих значений. Она определяется следующим образом:

$$H(X) = -\sum_{i=1}^N p(x_i) \ln p(x_i), \quad (1)$$

где  $p(x_i)$  – плотность распределения вероятностей элементов множества  $X$ ;  $N$  – количество возможных значений параметра.

Относительная энтропия определяется как

$$H_{\text{отн}} = \frac{H(X)}{\ln N}. \quad (2)$$

В настоящее время в биомедицинских исследованиях показатель информационной энтропии изучен недостаточно, несмотря на то, что информационная энтропия несет значительную информацию о состоянии биологического объекта, как динамической системы

В интересах исследования изменения показателя энтропии у больных с диабетической энцефалопатией и у больных с дисциркуляторной энцефалопатией был проведен статистический анализ сигналов ЭЭГ по 16-ти отведениям у больных и

здоровых пациентов. В результате статистической обработки значений амплитуд сигналов ЭЭГ построены гистограммы, определены дисперсии значений амплитуд сигналов ЭЭГ и вероятности нахождения значений амплитуд в определенных интервалах, а по значениям этих вероятностей рассчитаны значения информационной энтропии. Обработку данных осуществляли при помощи программы MathLab.

При анализе энтропий всех отведений получили следующие результаты: в большинстве отведений средняя энтропия здоровых находится выше, чем средняя энтропия больных (рис. 8). Это говорит нам о том, что разброс по амплитуде у здоровых выше, чем у больных, что в свою очередь подтверждает тот факт, что у больных идет подавление альфа-ритма, появление тета-ритма, амплитуда которого меньше амплитуды альфа ритма.



Рис. 8. Средняя энтропия

Эти же данные подтверждаются при расчете среднего квадратичного отклонения и среднего значения дисперсии (рис. 9).

По результатам анализа информационной энтропии ЭЭГ у здоровых испытуемых и у больных с дисциркуляторной и у больных с диабетической энцефалопатиями можно констатировать факт значительного отличия показателей информационных энтропий сигналов ЭЭГ. Это может послужить для дальнейшего более подробного изучения данного заболевания головного мозга. Предполагается, что данный информационный подход к анализу сигналов ЭЭГ позволит решать следующие задачи:

- ◆ получение дополнительных критериев для принятия решений, способствующих диагностировать или предотвратить заболевания головного мозга;
- ◆ разработка алгоритмов для оценки состояния головного мозга пациентов с диабетической энцефалопатией

Таким образом, можно сделать вывод, что в ЭЭГ находят отражения изменения когнитивной деятельности, что проявляется в отличиях ЭЭГ у больных с диабетической энцефалопатией и у больных с дисциркуляторной энцефалопатией и здоровых лиц. Особенно значимые изменения получены в альфа- и дельта-диапазонах. В целом, получили следующие итоги:

- ◆ по результатам психологического тестирования больных с диабетической и дисциркуляторной энцефалопатиями были диагностированы нарушения когнитивных функций головного мозга различной степени выраженности;

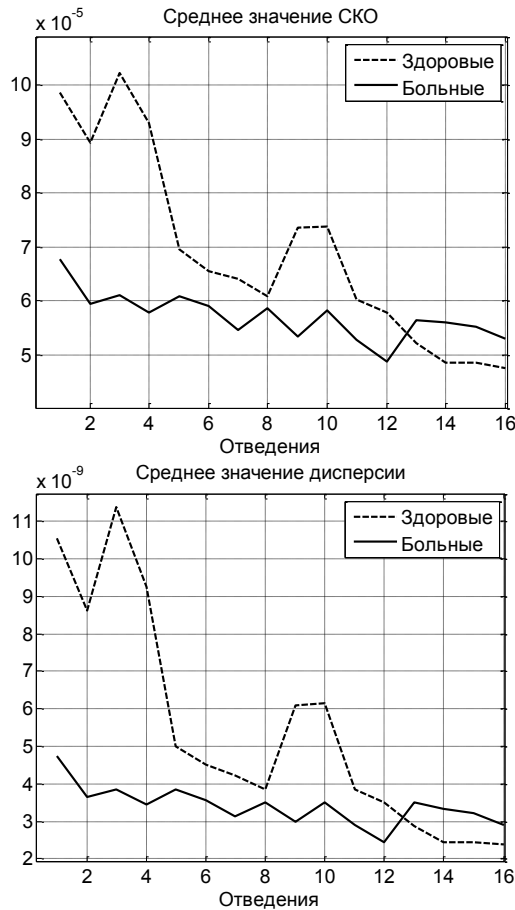


Рис. 9. Среднее квадратическое отклонение и среднее значение дисперсии

- ◆ По результатам спектрального анализа уделили внимание лобным и височным долям, отвечающим за работу высшей нервной деятельности и обнаружили, что наиболее значимые области спектра ЭЭГ, отличающие больных диабетической энцефалопатией от здоровых испытуемых, это области дельта-ритма (1 и 3 Гц) и альфа-ритма (10 Гц). В области 1 Гц у больных значение индекса колебания частоты выше, чем у здоровых испытуемых ( $p < 0,005$ ), а в области 10 Гц наоборот, индекс колебания частоты выше у здоровых, чем у больных ( $p < 0,001$ ). Исходя из этого, был сделан вывод, что доминирующим признаком классификации испытуемых на группы является альфа-ритм ЭЭГ;
- ◆ Анализ показателей информационной энтропии показал, что у здоровых испытуемых система более хаотична, чем у больных.

Полученные результаты при условии расширения эксперимента могут быть дополнены и служить одним из диагностических критериев когнитивного здоровья.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гнездицкий В.В.* Обработанная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография (картирование и локализация источников электрической активности мозга). – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. – 640 с.
2. *Яковенко И.А., Черемушкин Е.А.* Сопоставление перестроек пространственно-временной организации потенциалов коры больших полушарий мозга человека с частотными характеристиками ЭЭГ при решении когнитивной задачи // Журнал высшей нервной деятельности. – 1996. – Т. 46, № 3. – Р. 469-478.
3. *Bruder G.E., Fong R., Tenke C.E. et al.* Regional brain asymmetries in major depression with or without an anxiety disorder: a quantitative electroencephalographic study // *Biol. Psychiat.* – 1997. – Vol. 41. – Р. 939-94.
4. *Маркин С.П.* Нарушение когнитивных функций во врачебной практике: Методическое пособие: [Электронный документ] // Воронежская государственная медицинская академия им. Н.Н. Бурденко. – URL: <http://medi.ru/doc/g241818.htm>.
5. *Тимошенко Е.А. (Кижеватова Е.А.), Омельченко В.П.* Применение дискриминантного анализа для классификации ЭЭГ больных диабетической энцефалопатией // Электронный журнал. Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4 (Ч. 1). <http://www.ivdon.ru>.
6. *Полунина А.Г.* Показатели электроэнцефалограммы при оценке когнитивных функций // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2012. – Т. 112, № 7. – С. 74-82.
7. *Dericicoglu N, Vural A, Acar P. et al.* Antiepileptic treatment for anti-NMDA receptor encephalitis: the need for video-EEG monitoring. *Epileptic Disord.* – Jun 2013. – № 15 (2). – P. 166-70.
8. *Babiloni C., Visser P.J., Frisoni G., De Deyn P.P., Bresciani L., Jelic V., Nagels G., Rodriguez G., Rossini P.M., Vecchio F., Colombo D., Verhey F., Wahlund L.-O., Nobili F.* Cortical sources of resting EEG rhythms in mild cognitive impairment and subjective memory complaint // *Neurobiol. Aging*, 31 (2010), pp. 1787–1798.
9. *Timoshenko E.A., Omelchenko V.P.* Pathologic brain bioelectrical activity by patients with diabetic and discirculator encephalopathy // 1<sup>st</sup> International Scientific Conference “Applied Science in Europe: tendencies of contemporary development”: Papers of the 1<sup>st</sup> International Scientific Conference. April 21, 2013 Stuttgart, Germany 278 p. Published and printed in Germany by ORT Publishing (Germany) (p. 60-62).
10. *Timoshenko E.A., Omelchenko V.P.* Information Technologies in the Assessment of Violations of Cognitive Functions // *International Multidisciplinary Journal European Researcher.* – 2013 – Vol. (48), № 5-1. – P. 1136-1139.

## REFERENCES

1. *Gnezditkiy V.V.* Obrabotannaya zadacha EEG i klinicheskaya elektroentsefalografiya (kartirovanie i lokalizatsiya istochnikov elektricheskoy aktivnosti mozga) [Handled the task of EEG and clinical electroencephalography (mapping and localization of sources of brain electrical activity)]. Taganrog: Izd-vo TRTU, 2000, 640 p.
2. *Yakovenko I.A., Cheremushkin E.A.* Sopostavlenie perestroek prostranstvenno-vremennoy organizatsii potentsialov kory bol'shikh polushariy mozga cheloveka s chastotnymi kharakteristikami EEG pri reshenii kognitivnoy zadachi [Comparison of reconstructions of the spatial-temporal organization of the potentials of the cerebral cortex of the human brain with the frequency characteristics of EEG in solving cognitive tasks], *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti* [Journal of higher nervous activity], 1996, Vol. 46, No. 3, pp. 469-478.
3. *Bruder G.E., Fong R., Tenke C.E. et al.* Regional brain asymmetries in major depression with or without an anxiety disorder: a quantitative electroencephalographic study, *Biol. Psychiat.*, 1997, Vol. 41, pp. 939-94.
4. *Markin S.P.* Narushenie kognitivnykh funktsiy vo vrachebnoy praktike: Metodicheskoe posobie [Disturbance of cognitive functions in medical practice: a Methodological guide]: [Elektronnyy dokument], Voronezhskaya gosudarstvennaya meditsinskaya akademiya im. N.N. Burdenko. Available at: <http://medi.ru/doc/g241818.htm>.
5. *Timoshenko E.A. (Kizhevatova E.A.), Omel'chenko V.P.* Primenenie diskriminantnogo analiza dlya klassifikatsii EEG bol'nykh diabeticheskoy entsefalopatiey [The application of discriminant analysis to classify the EEG of patients with diabetic encephalopathy], *Elektronnyy zhurnal. Inzhenernyy vestnik dona* [Electronic journal. Journal of Engineering Don], 2012, No. 4 (Part 1). Available at: <http://www.ivdon.ru>.



6. Polunina A.G. Pokazateli elektroentsefalogrammy pri otsenke kognitivnykh funktsiy [Indicators of EEG in the evaluation of cognitive functions], *Zhurnal neurologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova* [Journal of neurology and psychiatry. S.S. Korsakov], 2012, Vol. 112, No. 7, pp. 74-82.
7. Dericioglu N, Vural A, Acar P. et al. Antiepileptic treatment for anti-NMDA receptor encephalitis: the need for video-EEG monitoring. *Epileptic Disord*, Jun 2013, No. 15 (2), pp. 166-70.
8. Babiloni C., Visser P.J., Frisoni G., De Deyn P.P., Bresciani L., Jelic V., Nagels G., Rodriguez G., Rossini P.M., Vecchio F., Colombo D., Verhey F., Wahlund L.-O., Nobili F. Cortical sources of resting EEG rhythms in mild cognitive impairment and subjective memory complaint, *Neurobiol., Aging*, 31 (2010), pp. 1787-1798.
9. Timoshenko E.A., Omelchenko V.P. Pathologic brain bioelectrical activity by patients with diabetic and discirculator encephalopathy, 1<sup>st</sup> International Scientific Conference "Applied Science in Europe: tendencies of contemporary development": Papers of the 1<sup>st</sup> International Scientific Conference. April 21, 2013 Stuttgart, Germany 278 p. Published and printed in Germany by ORT Publishing (Germany) (p. 60-62).
10. Timoshenko E.A., Omelchenko V.P. Information Technologies in the Assessment of Violations of Cognitive Functions, *International Multidisciplinary Journal European Researcher*, 2013, Vol. (48), No. 5-1, pp. 1136-1139.

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н., профессор А.В. Литвин.

**Кижеватова Елена Александровна** – Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Ростовский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Р.Ф.; e-mail: alyonatim@mail.ru; 344038, г. Ростов-на-Дону, пер. Казахстанский, 19, кв. 129; phone: +7918548420; кафедра медицинской и биологической физики; ассистент.

**Омельченко Виталий Петрович** – e-mail: vitaly.omelchenko@mail.ru; 344010, г Ростов-на-Дону, пр-кт Ворошиловский, 40/12, кв. 55; тел.: +79045054175; кафедра медицинской и биологической физики; зав. кафедрой; д.биол.н.; профессор.

**Kizhevatoва Elena Aleksandrovna** – State budgetary educational institution of higher professional education of Rostov State Medical University of the Ministry of health of the Russian Federation; e-mail: alyonatim@mail.ru; 19, Kazahstansky av., ap. 129, Rostov-on-Don, 344038, Russia; phone: +79185480420; the department of medical and biological physics; assistant.

**Omelchenko Vitaly Petrovich** – e-mail: vitaly.omelchenko@mail.ru; 40/12, Voroshilovsky av., ap. 55, Rostov-on-Don, Russia, 344010; phone: +79045054175; the department of medical and biological physics; head of department; dr. of biolog. sc.; professor.

УДК 535.361

**А.Ю. Потлов**

### **ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В СИЛЬНО РАССЕЙВАЮЩИХ СРЕДАХ БЕЗ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ**

*Описан способ непосредственной (без решения обратной задачи методами диффузионной оптической томографии) регистрации оптических неоднородностей, таких как кисты, гематомы, опухоли и т.п. в сильно рассеивающих средах, обладающих оптическими свойствами биологической ткани. В основе предложенного способа лежит обработка трехмерной поверхности, полученной из совокупности разрешённых по времени данных, в декартовой системе координат с последующим её конформным отображением в две поверхности в цилиндрической системе координат. Отличительная особенность способа – использование аппроксимированных прямыми линиями поздно пришедших фотонов, рассе-*