

Б.А. Лобасюк<sup>1</sup>, М.И. Боделан<sup>1</sup>, В.В. Мартынюк<sup>1</sup>, К.В. Аймедов<sup>2</sup>  
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОГЕНЕЗА ПРИ СЧЕТЕ В УМЕ

<sup>1</sup>Институт математики, экономики и механики  
Одесского национального университета им. И. И. Мечникова,  
<sup>2</sup>Одесский национальный медицинский университет  
psyhotip@gmail.com

**Ключевые слова:**

механизмы мышления,  
счет в уме, ЭЭГ, ФМПА,  
регрессионный анализ.

Цель исследования состояла в выявлении изменений показателей ритмов и межполушарной асимметрии ЭЭГ при устном счете. Запись ЭЭГ осуществляли в состоянии психосенсорного покоя (глаза закрыты) и при устном счете (вычитание в уме 7 из 200). Отношения между амплитудами ритмов ЭЭГ исследовали с использованием расчетов множественной линейной регрессии и корреляции. В результате выявлено, что при устном счете у правополушарных и левополушарных испытуемых во всех отведениях, за исключением отведения висок-темя левого полушария, наблюдалась вызванная десинхронизация, а в отведении висок-темя левого полушария – вызванная синхронизация, что можно рассматривать как особенность временной динамики ЭЭГ. Выполнение устного счета сопровождается активацией у правополушарных правого полушария, а у левополушарных – левого. Анализ регрессионных связей между амплитудами ритмов ЭЭГ позволил предположить, что реализация психического акта «счет в уме» сопровождается активацией как стволовых, так и диэнцефальных структур.

Среди психофизиологических исследований одно из важнейших мест занимает изучение нейрофизиологических механизмов мышления, направленное на раскрытие закономерностей функционирования мозга в процессе мыслительной деятельности. Существуют достаточно убедительные экспериментальные факты о целесообразности использования ЭЭГ для исследования тонкой динамики функциональных состояний мозга человека во время мышления [2, 4, 6, 9, 15, 17, 18].

Актуальность исследования обусловлена тем, что в изучении нейрофизиологических механизмов мышления остается еще много нерешенных вопросов, затрудняющих соотнесение параметров ЭЭГ со спецификой мыслительной деятельности, что, прежде всего, относится к вопросу о спектральном составе изменений ЭЭГ при мышлении и знаках этих изменений, а также проблема исследования региональных особенностей изменений ЭЭГ при мышлении. При решении мыслительных задач показано усиление десинхронизации альфа-ритма и возрастание выраженности бета-ритма на ЭЭГ [1, 4, 7, 16, 20, 25, 27]. На усиление бета-активности во время решения арифметических задач и других когнитивных операций, а также во время фазы сна с быстрыми движениями глаз, указывают также А. Борбели [21], Giannitrapani [22], Papanicolaou et al. [17], Fernandes et al. [27].

Поскольку функциональная межполушарная асимметрия показателей ЭЭГ (ФМПА) в настоящее время рассматривается как одна из фундаментальных закономерностей организации и деятельности мозга

человека и животных [18], представляло интерес исследование изменения ФМПА при выполнении мыслительной задачи – счета в уме.

Цель исследования состояла в выявлении изменений показателей ритмов ЭЭГ, а также показателей ФМПА при счете в уме.

### Материал и методы исследования

Исследование проводили на 27 практически здоровых людях, студентах, средний возраст обследованных составил (20±1) год. Запись ЭЭГ на жесткий диск компьютера осуществляли с помощью аналогово-цифрового преобразователя при частоте дискретизации 256 в 1 с в течение 2 минут в состоянии психосенсорного покоя (ПП) – глаза закрыты, а также в течение 2 минут в состоянии ПП и при счете в уме (вычитание числа 7 из 200). ЭЭГ регистрировали биполярно в следующих отведениях: 1 – лоб-висок; 2 – висок-темя; 3 – темя-затылок, слева и справа, при постоянной времени 0,1 с. Анализ файлов ЭЭГ осуществляли после окончания исследования с помощью программы «Analist 2» по алгоритму амплитудно-интервального (полупериодного) анализа. Выделяли пять физиологических ритмов: бета-1, бета-2, альфа, тета и дельта. По каждому из диапазонов определяли следующие параметры: 1) амплитуда в микровольтах; 2) частота в герцах; 3) индекс длительности – время в процентах выраженности волн бета-1, бета-2-, альфа-, тета- и дельта-диапазонах; 4) мощность ритмов. При статистическом анализе вычисляли средние величины, стандартное (среднее квадратическое) отклонение, ошибку средней величины.

С целью исследования отношений, формирующихся между амплитудами ритмов ЭЭГ, в различных экспериментальных условиях использовали средние величины амплитуд ритмов ЭЭГ. Отношения, формирующиеся между амплитудами ритмов ЭЭГ, исследовали с использованием расчетов множественной линейной регрессии и корреляции [13]. Уровни статистической значимости принимались в пределах  $P < 0,05$  и  $P < 0,1$ .

Коэффициенты ФМПА по амплитуде определяли по формуле:

$$Y_{ac} = (L - P) / (L + P) * 100,$$

где  $L$  – показатель левого полушария;

$P$  – показатель правого полушария.

Таким образом, положительные величины означали преобладание левого полушария, а отрицательные – правого.

Погрешности коэффициентов ФМПА вычисляли по формуле:

$$m_{y_{ac}} = Y_{ac} * \sqrt{(m_l/M_l)^2 + (m_p/M_p)^2},$$

где  $m_{y_{ac}}$  – погрешность коэффициента соотношения;

$Y_{ac}$  – коэффициент ФМПА;

$m_l$  – погрешность показателя левого полушария;

$M_l$  – показатель левого полушария;

$m_p$  – погрешность показателя правого полушария;

$M_p$  – показатель правого полушария.

Для анализа статистической достоверности изменений коэффициентов межполушарной асимметрии использовали критерий Стьюдента.

В качестве критерия латерализации полушарий (правшества-левшества) использовали среднюю величину мощности альфа-ритма по всем отведениям, определенную в условиях ПП [7]. В тех случаях, когда средняя величина мощности альфа-ритма в правом полушарии преобладала над мощностью альфа-ритма левого полушария, испытуемого определяли как электроэнцефалографического правшу, в противоположном случае испытуемого определяли как электроэнцефалографического левшу.

Правшей в нашем исследовании было 12 человек, левшей – 15.

Таблица 1. Статистически значимые коэффициенты соотношений показателей ЭЭГ левого и правого полушарий в условиях психосенсорного покоя и психосенсорного покоя и счета в уме у правшей

		Правое полушарие			Левое полушарие		
		лоб-висок	висок-темя	темя-затылок	лоб-висок	висок-темя	темя-затылок
Бета-2	A					1,46	
	Ч						
Бета-1	A			-1,15		1,27	-1,14
	Ч		1,02		1,04		1,02
Альфа	A		-1,09	-1,21		1,25	-1,27
	Ч				1,04		
Тета	A		-1,12	-1,24			-1,17
	Ч						
Дельта	A			-1,20			-1,17
	Ч				1,08		-1,08

## Собственные исследования. Изменения показателей ЭЭГ у правшей

У правшей в процессе счета в уме (табл. 1) отмечено снижение амплитуд альфа- и тета- ритмов ЭЭГ во втором отведении и амплитуд бета-1, альфа-, тета- и дельта-ритмов в третьем отведении правого полушария, а также амплитуд бета-1, альфа-, тета- и дельта-ритмов в третьем отведении левого полушария. Амплитуда бета-2 ритма во втором отведении левого полушария увеличилась. Отмечено увеличение частот бета-1 ритма во втором отведении правого полушария и бета-1, альфа- и дельта-ритмов в первом отведении, бета-1 и альфа-ритмов во втором отведении и бета-1 ритма в третьем отведении левого полушария.

**Изменения показателей ЭЭГ у левшей.** У левшей в процессе счета в уме (табл. 2) отмечено снижение амплитуды дельта-ритма в первом отведении, амплитуд бета-2, бета-1, альфа-, тета- и дельта-ритмов во втором и третьем отведениях правого полушария, а также в первом и третьем отведениях левого полушария. Отмечено увеличение частоты бета-1 ритма в первом отведении и уменьшение частот бета-2, тета- и дельта-ритмов во втором отведении и частот бета-2 и тета-ритмов в третьем отведении правого полушария. В левом полушарии частоты бета-1, альфа- и дельта-ритмов в первом отведении определялись увеличенными, а в третьем отведении частоты бета-1 и тета-ритмов определялись уменьшенными.

Изменения показателей ФМПА. Правши. До счета в уме ФМПА в отведении лоб-висок амплитуда ритмов ЭЭГ бета-2, бета-1 и альфа-ритма выражалась отрицательными величинами в пределах  $(-1,25 \pm 0,10)\%$  –  $(-2,32 \pm 0,16)\%$ , а ФМПА амплитуды тета- и дельта-ритма – положительными величинами (рис. 1). При счете в уме отрицательная величина ФМПА амплитуды бета-2 ритма увеличилась по модулю, а бета-1 и альфа-ритмов инвертировала и стала положительной. Положительные значения ФМПА амплитуд тета- и дельта-ритмов увеличились.

До счета в уме ФМПА в отведении висок-темя амплитуда ритмов ЭЭГ бета-2 и бета-1 ритмов выражалась

Таблица 2. Статистически значимые коэффициенты соотношений показателей ЭЭГ левого и правого полушарий в условиях психосенсорного покоя и психосенсорного покоя и счета в уме у левшей

		Правое полушарие			Левое полушарие		
		лоб-висок	висок-темя	темя-затылок	лоб-висок	висок-темя	темя-затылок
Бета-2	A		-1,11	-1,17	-1,37	1,16	-1,16
	Ч		-1,06	-1,05			-1,05
Бета-1	A		-1,15	-1,16	-1,19		-1,18
	Ч	1,02			1,03		
Альфа	A		-1,15	-1,16	-1,13		-1,17
	Ч				1,13		
Тета	A		-1,22	-1,20	-1,63		-1,18
	Ч		-1,05	-1,05			-1,05
Дельта	A	-1,13	-1,18	-1,19	-1,81		-1,15
	Ч		-1,04		1,08		

отрицательными величинами в пределах  $(-1,71 \pm 0,08)\%$  и  $(-20,20 \pm 1,84)\%$ , а ФМПА амплитуд альфа-, тета- и дельта-ритмов выражалась положительными величинами в пределах  $(3,32 \pm 0,19)\%$  –  $(10,45 \pm 0,69)\%$  (рис. 1). При счете в уме отрицательная величина ФМПА амплитуды бета-2 ритма уменьшилась по модулю, а бета-1 инвертировала и стала положительной. Положительные значения ФМПА амплитуд альфа-, тета- и дельта-ритмов увеличились.

До счета в уме ФМПА в отведении темя-затылок амплитуда всех ритмов ЭЭГ выражалась отрицательными величинами в пределах  $(-1,13 \pm 0,07)\%$  и  $(-3,42 \pm 0,21)\%$ . При счете в уме отрицательные значения ФМПА амплитуды бета-2, бета-1 и дельта-ритмов уменьшились по модулю, а альфа-ритма – возросло. Показатель ФМПА амплитуды тета-ритма инвертировал и выражался положительной величиной.

**Левши.** До счета в уме ФМПА в отведении лоб-висок амплитуда всех ритмов ЭЭГ выражалась положительными величинами в пределах  $(7,05 \pm 0,31)\%$  –  $(15,23 \pm 0,84)\%$  (рис. 2). При счете в уме ФМПА амплитуды бета-2, тета- и дельта-ритмов выражались отрицательными величинами в пределах  $(-5,96 \pm 0,65)\%$  –  $(-9,32 \pm 1,02)\%$ , а положительные значения ФМПА амплитуд бета-1 и альфа-ритмов уменьшились.

До счета в уме ФМПА в отведении висок-темя амплитуда ритмов ЭЭГ бета-2 и бета-1 ритмов выражалась отрицательными величинами в пределах  $(-2,51 \pm 0,11)\%$  и  $(-14,10 \pm 0,90)\%$ , а ФМПА амплитуда альфа-, тета- и дельта-ритмов выражалась положительными величинами в пределах  $(5,24 \pm 0,25)\%$  –  $(17,92 \pm 1,00)\%$ . При счете в уме отрицательные значения ФМПА амплитуды бета-2 и бета-1 ритмов уменьшились по модулю. Положительные значения ФМПА амплитуд альфа-, тета- и дельта-ритмов увеличились.

До счета в уме ФМПА в отведении темя-затылок амплитуда всех ритмов ЭЭГ выражалась положительными величинами в пределах  $(0,24 \pm 0,10)\%$  и  $(1,98 \pm 0,93)\%$  (рис. 2). При счете в уме положительные значения ФМПА амплитуды бета-2 ритма, тета- и дельта-ритмов увеличились, а альфа-ритма – уменьшилось. Показатель

ФМПА амплитуды бета-1 ритма инвертировал и стал отрицательным.

**Взаимоотношения амплитуд ритмов ЭЭГ в условиях психосенсорного покоя и при счете в уме в условиях психосенсорного покоя. Исследования с применением множественного регрессионного анализа. Правши.** В условиях психосенсорного покоя всего по правому полушарию определялось 46 регрессионных связей-отношений, а по левому – 48, т.е. в левом полушарии было на две связи-отношения больше, чем в правом. В условиях психосенсорного покоя и при счете в уме в правом полушарии определялось 44 связи-отношения, а в левом – 42, т.е. соотношения были обратны тем, которые наблюдались в ситуации психосенсорного покоя.

**Левши.** В условиях психосенсорного покоя всего по правым и левым полушариям определялось по 42 регрессионные связи-отношения. В условиях психосенсорного покоя и при счете в уме в правом полушарии определялось 49 связей-отношений, а в левом – 40, т.е. в правом полушарии количество связей-отношений возросло, а в левом – уменьшилось.

**Обсуждение.** Согласно результатам сопоставительного анализа, у правшей при счете в уме статистически значимо изменились 19 показателей амплитуды ЭЭГ, а у левшей – 33. Следует подчеркнуть, что во всех исследованных отведениях амплитуды ритмов ЭЭГ у правшей уменьшались, за исключением второго отведения (висок-темя) левого полушария – в этом отведении у правшей определялись увеличенные в процессе счета в уме амплитуды бета-2, бета-1 и альфа-ритмов ЭЭГ. У левшей определялись увеличенные частота бета-1 ритма в первом отведении правого полушария и амплитуда бета-2 ритма во втором отведении левого полушария.

Амплитуда отражает синхронизацию локальных электрических процессов в нервных элементах, участвующих в генерации корковой ритмики. Поэтому повышение амплитуды – увеличение синхронизации – расценивается как показатель снижения уровня функционального состояния мозга, а снижение амплитуды

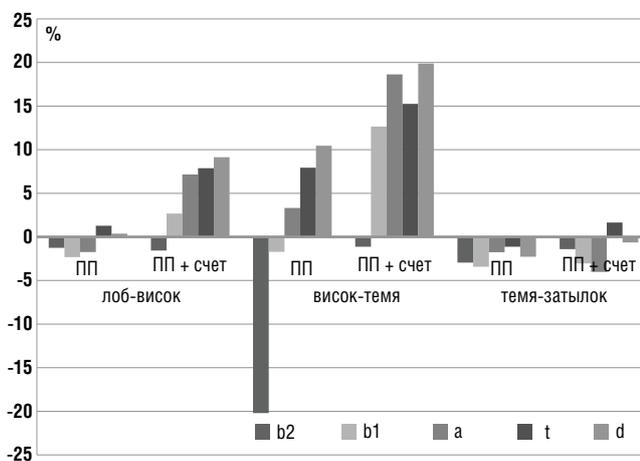


Рис. 1. Коэффициенты ФМПА в условиях ПП и при счете в уме в условиях ПП у правшей.

Обозначения: ПП – психосенсорный покой; ПП+счет – счет в уме в условиях психосенсорного покоя; b2 – коэффициент ФМПА бета-2 ритма; b1 – коэффициент ФМПА бета-1 ритма; a – коэффициент ФМПА альфа-ритма; t – коэффициент ФМПА тета-ритма; d – коэффициент ФМПА дельта-ритма.

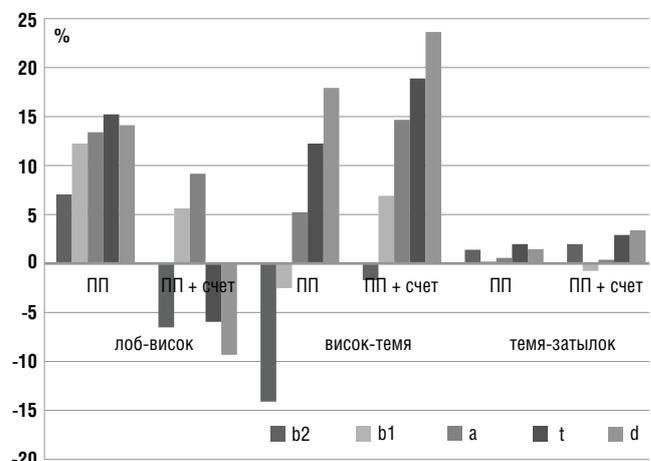


Рис. 2. Коэффициенты ФМПА в условиях ПП и при счете в уме в условиях ПП у левшей.

Обозначения: ПП – психосенсорный покой; ПП+счет – счет в уме в условиях психосенсорного покоя; b2 – коэффициент ФМПА бета-2 ритма; b1 – коэффициент ФМПА бета-1 ритма; a – коэффициент ФМПА альфа-ритма; t – коэффициент ФМПА тета-ритма; d – коэффициент ФМПА дельта-ритма.

– как проявление десинхронизации и активации функционального состояния мозга [11].

Как известно, сенсорная, когнитивная, аффективная и двигательная активности могут приводить к вызванной синхронизации (ВС) и вызванной десинхронизации (ВД). Оба феномена характеризуются отчетливой временной связью с событием и высокой специфичностью по отношению к частотным полосам ЭЭГ. Пространственное картирование ВД/ВС используется для изучения топологии и временной динамики корковой активности [8, 23].

При счете в уме во всех отведениях, за исключением второго отведения (висок-темя) левого полушария, наблюдалась вызванная десинхронизация, а во втором отведении левого полушария – вызванная синхронизация. Поскольку указанные соотношения ВД/ВС отмечались как у правой, так и у левой, выявленную особенность можно рассматривать как характеризующую топологию и временную динамику корковой активности при счете в уме.

Следует отметить, что количество статистически значимых отрицательных коэффициентов соотношений амплитуд ритмов при счете в уме у левой определялось большим, чем у правой.

Это может свидетельствовать о более высокой лабильности электрогенеза у левой, по сравнению с правыми.

У правой в правом полушарии определялось только увеличение частоты бета-1 ритма во втором отведении (висок-темя), в то время как в левом полушарии увеличенными определялись частоты бета-1, альфа- и дельта-ритмов в первом отведении (лоб-висок) и бета-1 ритма в третьем отведении (темя-затылок).

У левой в первом отведении правого полушария определялась увеличенной частота бета-1 ритма, в первом отведении левого полушария определялись увеличенными частоты бета-1, альфа- и дельта-ритмов, а во втором отведении левого полушария определялась увеличенной частота бета-2 ритма.

Так как в правом полушарии и у правой и у левой определялись увеличенными только по одному показателю частоты, а в левом полушарии у правой и левой определялось по 3 увеличенных показателя частоты, то левое полушарие можно рассматривать как «*фокус активации*» [12, 24] при данном виде деятельности.

R.L. Davidson et al. [26] показали, что в процессе просмотра фильмов при положительных эмоциях в большей степени активируются левые, а при негативных – правые лобные области коры. A.J. Tomarken, A.D. Keener [14] считают, что в генерации положительных эмоций участвует преимущественно левая фронтальная область, а отрицательных – правая. В исследовании на больных с реактивной депрессией выявлен фокус устойчивой бета-активности в правой лобной области, что, по мнению авторов, указывает на гиперактивацию зоны, участвующей в регуляции отрицательных эмоций [27].

Поскольку счет в уме испытуемыми выполнялся удачно, нельзя исключить, что причиной активации левой лобной области являются также и положительные эмоции, переживаемые испытуемыми в связи с успешной деятельностью.

При выполнении счета в уме у правой отрицательность показателей ФМПА в первом отведении (лоб-

висок) сменялась положительностью, а у левой, наоборот, положительность показателей ФМПА сменялась уменьшением этой положительности и инверсией величин показателей ФМПА.

Во втором отведении у правой при счете в уме отрицательность ФМПА амплитуды бета-2 ритма уменьшилась, а бета-1 инвертировалась и стала положительной. Положительность ФМПА амплитуд альфа-, тета- и дельта-ритмов увеличилась.

Во втором отведении у левой при счете в уме отрицательность ФМПА амплитуд бета-2 и бета-1 ритмов уменьшилась, а положительность ФМПА амплитуд альфа-, тета- и дельта-ритмов увеличилась.

У правой в третьем отведении при счете в уме отрицательность ФМПА амплитуд бета-2 ритма, бета-1 и дельта-ритмов уменьшилась, а альфа-ритма – возросла, показатель ФМПА амплитуды тета-ритма выражался положительной величиной.

Во втором отведении у левой при счете в уме положительность ФМПА амплитуд бета-2 ритма, тета- и дельта-ритмов увеличилась, а альфа-ритма – уменьшилась, показатель ФМПА амплитуды бета-1 ритма инвертировался и стал отрицательным.

Таким образом, до выполнения счета в уме у правой более активированным (десинхронизированным) определялось левое полушарие, а у левой – правое. При выполнении счета в уме более активированным у правой определялось правое полушарие, а у левой – левое, особенно в первом и втором отведениях.

На основании изложенного можно предположить, что процесс выполнения счета в уме сопровождается активацией у правой правого полушария, а у левой – левого.

У правой кора левого полушария имеет более развитые связи со стволовыми структурами, тогда как правого – с диэнцефальными [3, 10]. Ранее нами было показано [13], что у препарата изолированного переднего мозга с поврежденной активирующей ретикулярной формацией преобладает активность правого полушария над левым.

Учитывая, что при счете в уме усиливается десинхронизация, выражающаяся в отрицательности коэффициентов соотношения амплитуд ритмов ЭЭГ, сопровождающаяся сменой активности полушария как у правой, так и у левой, можно высказать предположение, что реализация психического акта «счет в уме» сопровождается активацией как стволовых структур, так и диэнцефальных, при превалировании их активности над стволовыми.

При исследовании количество регрессионных связей-отношений [13] в условиях десинхронизации ЭКоГ крысы выявлялось большее количество связей-отношений, чем в пределах ЭКоГ-сегментов синхронизации. Этот результат был получен как для интактного мозга, так и для препарата изолированного переднего мозга. Уменьшение регрессионных связей-отношений между различными компонентами ЭЭГ и ЭКоГ отражает снижение тонуса коры [13]. Полученный результат подтверждает ранее высказанное предположение о том, что реализация психического акта «счет в уме» сопровождается активацией как стволовых структур, так и диэнцефальных, при превалировании их активности над стволовыми.

## Выводы

1. Процесс выполнения счета в уме сопровождается активацией у правшей правого полушария, а у левшей – левого.
2. Реализация психического акта «счет в уме» сопровождается активацией стволовых и диэнцефальных структур.
3. При счете в уме во всех отведениях, за исключением второго отведения (висок-темя) левого полушария, наблюдалась вызванная десинхронизация, а во втором отведении левого полушария – вызванная синхронизация. Так как указанные соотношения ВД/ВС отмечались и у правшей, и у левшей, выявленную особенность можно рассматривать как характеризующую топологию и временную динамику корковой активности при счете в уме.

## Список использованной литературы

1. Багрова Н. Д. Информативность ЭЭГ данных в прогнозировании работоспособности операторов / Н. Д. Багрова, Р. Н. Коробов, Ю. Н. Громов // Физиология человека. – 1990. – Т. 16, № 5.
2. Бехтерева Н. П. Мозговые коды психической деятельности / Н. П. Бехтерева, П. В. Бундзен, Ю. Л. Гоголицын. – Л.: Наука, 1977. – 165 с.
3. Болдырева Г. Н. Роль регуляторных структур мозга в формировании ЭЭГ человека / Г. Н. Болдырева, Е. В. Шарова, И. С. Добронравова // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, № 5. – С. 19–34.
4. Борбели А. Тайна сна / А. Борбели. – М.: Знание, 1989. – 193 с.
5. Брагина Н. Н. Функциональные симметрии человека / Н. Н. Брагина, Т. А. Доброхотова. – М.: Медицина, 1988.
6. Жирмунская Е. А. Функциональное значение некоторых феноменов ЭЭГ человека / Е. А. Жирмунская, А. И. Рыбников, С. М. Ложникова // Физиол. чел. – 1982. – Т. 8, № 5. – С. 746–756.
7. Кирой В. Н. Пространственно-временная организация электрической активности мозга человека в состоянии спокойного бодрствования и при решении мыслительных задач // Журнал высшей нервной деятельности. – 1987. – Т. 37, № 6.
8. Костандов Э. А. Функциональная асимметрия мозга и неосознаваемое восприятие / Э. А. Костандов. – М.: Наука, 1983. – 171 с.
9. Ливанов М. Н. Пространственная организация процессов головного мозга / М. Н. Ливанов. – М.: Наука, 1972.
10. Лобасюк Б. А. Роль ретикулярной формации ствола мозга в механизмах коркового электрогенеза / Б. А. Лобасюк // Neurofiziologiya/Neurophysiology. – 2005. – Vol. 37, № 1. – P. 36–47.
11. Нейрофизиологические механизмы мотивационного внимания у человека / Л. И. Афтанас, Л. Н. Савотина, Н. В. Рева, В. П. Махнев // Бюллетень СО РАМН. – 2004. – № 2 [112].
12. Павлова Л. П. Системный подход к психофизиологическому исследованию мозга человека / Л. П. Павлова, А. Ф. Романенко. – Л.: Наука, 1988.
13. Русалова М. Н. Функциональная асимметрия мозга и амплитуда альфа-ритма / М. Н. Русалова // Журн. Высш. нервн. деят. – 1998. – Т. 48, № 3. – P. 391–395.
14. Стрелец В. Б. Ритмы ЭЭГ и психологические показатели эмоций при реактивной депрессии / В. Б. Стрелец, Н. Н. Данилова, И. В. Корнилова // Журн. высш. нервн. деят. – 1997. – Т. 47, № 1. – С. 11–21.
15. Уолтер Г. Живой мозг / Г. Уолтер. – М.: Мир, 1966. – 300 с.
16. Хомская Е. Д. Мозг и активация / Е. Д. Хомская. – М.: Изд-во МГУ, 1972.
17. Хомская Е. Д. Системные изменения биоэлектрической активности мозга, как нейропсихологическая основа психических процессов / Е. Д. Хомская // Естественнонаучные основы психологии; под общ. ред. А. А. Смирнова, А. Р. Лурия, В. Д. Небылицына. – М.: Педагогика, 1978. – С. 231–254.
18. Хризман Т. П. Развитие функций мозга ребенка / Т. П. Хризман, 1978.
19. Чораян О. Г. Размытые алгоритмы мыслительных процессов / О. Г. Чораян. – Ростов н/Д.: [б.и.], 1979.
20. Dolce G. Spectral and multivariate analysis of EEG changes during mental activity in man / G. Dolce, H. Waldeier // Electroencephalography Clinical Neurophysiology. – 1974. – № 36. – P. 577–584.
21. Giannitrapani D. Scanning mechanisms and the EEG / D. Giannitrapani // Electroencephalogr Clin Neurophysiol. – 1971. – № 30 [2]. – P. 139–146.
22. Papanicolaou A. C., Loring D. W., Deutsch G., Eisenberg H. M. // Int J Neurosci. – 1986. – № 30 [1–2]. – P. 81–85.
23. Pfuertscheller G. Event-related EEG/EMG synchronization and desynchronization. Basic principles / G. Pfuertscheller, F. H. Lopes da Silva // Clin. Neurophysiol. – 1999. – Vol. 110.
24. Regional brain function, emotion and disorders of emotion / R. J. Davidson, H. Abercrombie, J. B. Nitschke, K. Putnam // Curr. Opin. Neurobiol. – 1999. – Vol. 9. – P. 228–234.
25. Test-retest reliability of EEG spectral parameters during cognitive tasks: I. Absolute and relative power / T. Fernández, T. Harmony, M. Rodríguez [et al.] // Int J. Neurosci. – 1993. – № 68 [3–4]. – P. 255–261.
26. Tomarken A. J. Frontal brain asymmetry and depression: As regulatory perspective / A. J. Tomarken, A. D. Keener // Cognit. Emot. – 1998. – Vol. 12. – P. 387–420.
27. Vogel W. EEG and mental abilities / W. Vogel, D. M. Broverman, E. L. Klaiber // Electroencephalogr Clin Neurophysiol. – 1968. – № 24 [2]. – P. 166–175.

## СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОГЕНЕЗУ ПРИ РАХУНКУ В УМІ

Б. А. Лобасюк, М. І. Боделан, В. В. Мартинюк, К. В. Аймедов

Мета дослідження полягала у виявленні змін показників ритмів і міжпівкульної асиметрії ЕЕГ при усних обчисленнях. Запис ЕЕГ здійснювали у стані психо-сенсорного спокою (очі закриті) і при усних обчисленнях (віднімання в умі 7 від 200). Відносини між амплітудами ритмів ЕЕГ досліджували з використанням розрахунків множинної лінійної регресії і кореляції. У результаті виявлено, що при усних обчисленнях у правопівкульних і лівопівкульних суб'єктів дослідження у всіх відведеннях, за винятком відведення скроня-тім'я лівої півкулі, спостерігалася викликана десинхронізація, а у відведенні скроня-тім'я лівої півкулі – викликана синхронізація, що можна розглядати як особливість часової динаміки ЕЕГ. Виконання усних обчислень супроводжується активацією у правопівкульних правій півкулі, а у лівопівкульних – лівої. Аналіз регресійних зв'язків між амплітудами ритмів ЕЕГ дозволив припустити, що реалізація психічного акту «рахунок в умі» супроводжується активацією як стовбурових структур, так і диэнцефальних.

**Ключові слова:** механізми мислення, усне обчислення (рахунок в умі), ЕЕГ, ФМПА, регресійний аналіз.

## SYSTEM ANALYSIS IN ELECTROGENESIS AT DOING MENTAL ARITHMETIC

B. A. Lobasyuk, M. I. Bodelan, V. V. Martynuk, K. V. Aymedov

The purpose of the investigation is to identify changes in indicators of rhythms and hemispheric asymmetry in the EEG while mental calculation. EEG record was performed in a state of psychosensory rest (eyes closed) and while mental calculation (subtract 7 from 200). The relations between the amplitude of EEG rhythms were investigated using multiple linear regression calculations and correlation. The result revealed that while mental calculations, at both right-hemispheric and left-hemispheric subjects, in all leads except temporalis-parietalis of the left hemisphere, there was caused desynchronization, as in the lead temporalis-parietalis of the left hemisphere the synchronization was caused, that can be seen as a feature of the time dynamics of the EEG. Performing mental calculation is accompanied by the activation of the right hemisphere at right-hemispheric subjects, and the left hemisphere – at left-hemispheric subjects. Regression analysis of relations between the amplitudes of EEG rhythms allowed to assume that the performing of the mental act “mental arithmetic” is accompanied by the activation of brainstem and diencephalic structures.

**Key words:** mechanisms of thinking, mental calculation, EEG, functional hemispheric asymmetry, regression analysis.