

УДК [612.82-073.97:612.014.426]:550.38

ВАРИАНТЫ ДИНАМИКИ СПЕКТРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ЧЕЛОВЕКА В ХОДЕ СУТОЧНЫХ ВАРИАЦИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

© 2014 г. ^{1,2}Л. В. Поскотинова, ¹Д. Б. Дёмин,
¹Е. В. Кривоногова

¹Институт физиологии природных адаптаций УрО РАН,

²Северный (Арктический) федеральный университет
имени М. В. Ломоносова, г. Архангельск

Основными внешними водителями биологических ритмов живых систем считаются факторы солнечной и геомагнитной активности [1, 4, 18]. Внутренним основным осциллятором признаны структуры супрахиазматического ядра, активность которых определяет как биоритмику внутренних органов, так и хроноструктуру биоэлектrogenеза нейрональных элементов. Также у птиц восприимчивыми к вариациям геомагнитной активности признаны нервные структуры, связанные с сетчаткой глаза, с глазничной ветвью тройничного нерва [17], а также с рецепторами внутреннего уха [21]. Во время выраженных геомагнитных колебаний изменяется концентрация фосфолипидов в структурах неостриатума животных [19]. Для оценки влияния гелио-геофизических факторов на активность головного мозга у человека чаще всего используют электроэнцефалограмму (ЭЭГ), которую регистрируют с поверхности скальпа. Несмотря на то, что ЭЭГ отражает суммарную электрическую активность морфофункциональных структур головного мозга, современные средства компьютерной и статистической обработки характеристик биопотенциалов позволяют с определенной долей вероятности судить об активности биоэлектrogenеза как с различных полей поверхностных слоев мозга (коры), так и с глубинных его структур [11]. Степень доминирования того или иного полушария при изменении геомагнитной обстановки позволяет судить об уровне адаптации человека к условиям среды [14]. Установлено, что характеристики биоэлектrogenеза головного мозга сопряжены с изменениями уровня геомагнитной активности в диапазоне 6–16 Гц, соответствующего первым модам шумановских резонансов [12]. Есть сведения, полученные как среднegrupповые, о приоритете чувствительности правой височной области у людей к колебаниям геомагнитной активности, измеряемой в виде Ар-индекса [8]. Однако при моделировании в эксперименте магнитного поля индукцией до 70 нТл частотой 7 Гц выявлено, что у здоровых людей данные параметры магнитного поля в первую очередь определяют изменения тета-активности в правой теменной и гамма-активности в правой лобной областях, причем направленность изменений зависит от величины индукции магнитного поля [20]. В методических подходах биоритмологии все еще преобладает среднegrupповой подход в оценке получения результатов, хотя сами авторы констатируют значимые межиндивидуальные различия физиологических реакций [8, 12]. Возрастает актуальность проблемы обобщения и типизации индивидуальных реакций регуляторных систем человека в ответ на колебания ритмозадающих факторов естественной среды [7]. Индивидуальный тип реактивности высшей нервной системы может быть генетически детерминирован, возможно, уже на пренатальном этапе

Предложена методика выявления характера соотношений суточных изменений спектральной мощности основного ритма биоэлектрической активности головного мозга и вариаций геомагнитного поля. Проведен анализ ежеминутных записей спектральной мощности альфа-активности электроэнцефалограммы (ЭЭГ) утром, днем и вечером в течение 5 дней (12 записей по 30 минут) у трех здоровых волонтеров в сопоставлении с ежеминутными вариациями показателя полного вектора магнитной индукции магнитного поля Земли (ПВМИ). Установлено, что при вечернем увеличении величины ПВМИ может быть как общее усиление альфа-активности, свидетельствующее об увеличении внутренней синхронизации ритмозадающих структур головного мозга, так и снижение таковой, отражающее процессы повышения десинхронизирующих влияний ретикулярной формации ствола на кору головного мозга. Выявлены три варианта индивидуальной чувствительности отделов головного мозга к повышению показателя ПВМИ – повышение мощности альфа-активности ЭЭГ преимущественно в правой височной области, снижение мощности данного вида ритма ЭЭГ преимущественно в левой лобно-височной области и реакция общего снижения мощности альфа-активности.

Ключевые слова:

электроэнцефалограмма, геомагнитная активность

онтогенеза [16]. Определение динамики спектральных мощностей ритмов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) в различных точках конвексальной поверхности головного мозга поможет сформировать индивидуальный прогноз реагирования определенных структур коры головного мозга, ответственных за преимущественный анализ слуховой, зрительной, сенсомоторной афферентной информации, а также состояния диэнцефальных, стволовых отделов мозга при воздействиях естественных геомагнитных полей. Выраженность и реактивность основного ритма биоэлектrogenеза человека (альфа-ритма) отражает степень оптимального функционирования таламокортикальных, таламоретикулярных нервных путей и мозговых центров, отвечающих за нейровисцеральные связи в организме.

Таким образом, целью исследования явилось определение индивидуальных вариантов соотношений ежеминутных колебаний спектральной мощности основного ритма ЭЭГ (альфа-активности) здоровых взрослых лиц в различных точках проекции конвексальной поверхности головного мозга и синхронных вариаций индукции геомагнитного поля, регистрируемых в разное время суток.

Методы

Проведено обследование трех практически здоровых местных жителей Архангельской области (женщина-волонтер А., возраст 32 года; мужчина-волонтер Б., 38 лет; женщина-волонтер В., 39 лет), проживавших во время мониторинга в одном сельском населенном пункте Архангельской области (61° с. ш.) с 14 по 18 марта 2012 года. Измерения проводили три раза в сутки — утром (9⁰⁰–10³⁰ часов), днем (13³⁰–15⁰⁰) и вечером (16³⁰–18⁰⁰), последовательно с одинаковым воспроизведением очередности во все дни, всего 12 обследований каждого волонтера. У всех волонтеров регистрировали ЭЭГ с помощью прибора «Энцефалан 131-03» (НПКФ «Медиком МТД», г. Таганрог). Все исследования проводились после заключения с волонтерами информированного согласия и после одобрения программы исследований этическим комитетом Института физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН. Каждое исследование проводили по 30 минут в положении сидя с закрытыми глазами в спокойной обстановке. Для поддержания уровня спокойного бодрствования обследуемому волонтеру зачитывали эмоционально нейтральный текст (рассказы о природе и путешествиях). Регистрацию ЭЭГ проводили монополярно с ушными референтными электродами по международной системе «10–20» и с последующим учетом абсолютной спектральной мощности ЭЭГ (АСМ, мкВ²) слева (нечетный номер отведения) и справа (четный номер отведения) в основных частотных диапазонах ежеминутно. В настоящей статье представлены усредненные данные АСМ ЭЭГ в утреннее, дневное и вечернее время в затылочных (О1, О2), центральных (С3, С4), за-

днеобных (F3, F4) и височных (Т3, Т4) областях в диапазоне альфа-активности (8–13 Гц). Принимая во внимание различные мнения о биотропности тех или иных компонент магнитного поля [3], решено учитывать ежеминутные значения величины полного вектора магнитной индукции (ПВМИ). Данные сведения по геостанции Борок были получены с сайта INTERMAGNET (http://ottawa.intermagnet.org/apps/dl_data_prel_e.php). Всего у каждого волонтера рассматривали 360 одномоментных отрезков в каждом отведении ЭЭГ.

Статистический анализ проводили в среде программы Statistica 6.0 с учетом медиан (Me) и межквартильного размаха 25–75 %, рангового критерия коэффициента корреляции Спирмена ($p < 0,05$), рангового дисперсионного анализа с критерием Краскела — Уоллиса и медианного теста ($p < 0,05$). Корреляционный анализ выполнен с исключением линейного тренда значений в выборках.

Результаты

У всех волонтеров исходные значения ЭЭГ соответствовали критериям организованного типа [5] — преобладание в общем спектре ЭЭГ организованной и модулированной альфа-активности с доминирующей частотой 9–10 Гц (волонтеры А. и В.), 11–12 Гц (волонтер Б.), с выраженным ее затылочно-лобным градиентом, максимумом амплитуды до 100 мкВ и индексом выше 50 %. При предварительном выполнении функциональных проб: фотостимуляции в диапазоне 4–22 Гц и гипервентиляции в течение 3 минут у волонтеров не выявлено фотозависимых и гипоксическизависимых пароксизмальных реакций. Степень выраженности альфа-активности во всех отделах мозга отражает баланс внутренней активности синхронизирующих влияний таламуса и десинхронизирующих влияний (преимущественно ретикулярных, стволовых структур) на кору головного мозга. Таким образом, можно говорить о физиологически идентичных стартовых условиях данного мониторинга, так как нейрофизиологический фон у всех волонтеров свидетельствовал об оптимальном соотношении процессов возбуждения и торможения в центральной нервной системе [6].

Колебания величины полного вектора магнитной индукции геомагнитного поля на протяжении всего времени измерений отражали устойчивую закономерность — минимальные значения утром и днем и максимальные вечером. Размер вариаций величины магнитной индукции за все время наблюдений не превышал 65 нТл, что свидетельствовало о стабильном геомагнитном фоне в данное время исследований [1]. При этом у волонтеров отмечены индивидуальные различия в ходе суточных изменений биоэлектрической активности головного мозга. Так, у волонтера А. (табл. 1) вечером наблюдаются максимальные значения спектральной мощности альфа-активности во всех отведениях, которые значимо выше утренних и дневных показателей.

Таблица 1

Показатели полного вектора магнитной индукции и абсолютной спектральной мощности альфа-активности электроэнцефалограммы у волонтера А. Ме (25; 75)

Показатель	Утро (1)	День (2)	Вечер (3)	p
ПВМИ, нТл	52514,1 (52511,6; 52518,7)	52508,8 (52506,0; 52518,8)	52535,4 (52539,1; 52538,7)	1-2=0,004 1-3<0,001 2-3<0,001
АСМ О1, мкВ ²	169,9 (150,8; 194,7)	153,6 (138,8; 173,1)	177,8 (164,8; 190,6)	1-2<0,001 1-3=0,035 2-3<0,001
АСМ О2, мкВ ²	246,4 (209,7; 267,0)	324,9 (255,6; 358,3)	349,9 (318,2; 382,4)	1-2<0,001 1-3<0,001 2-3<0,001
АСМ С3, мкВ ²	56,2 (50,2; 64,3)	58,6 (52,0; 67,8)	74,2 (64,5; 81,4)	1-2=0,141 1-3<0,001 2-3<0,001
АСМ С4, мкВ ²	56,1 (49,4; 63,9)	60,3 (53,7; 73,1)	71,4 (64,3; 78,8)	1-2<0,001 1-3<0,001 2-3<0,001
АСМ F3, мкВ ²	42,8 (37,2; 49,2)	47,8 (41,4; 56,2)	59,1 (52,1; 64,4)	1-2<0,001 1-3<0,001 2-3<0,001
АСМ F4, мкВ ²	46,2 (39,2; 52,0)	48,0 (44,2; 57,8)	57,3 (52,5; 62,9)	1-2=0,003 1-3<0,001 2-3<0,001
АСМ Т3, мкВ ²	27,8 (24,2; 32,2)	27,2 (19,8; 32,4)	34,0 (30,8; 36,8)	1-2=0,772 1-3<0,001 2-3<0,001
АСМ Т4, мкВ ²	20,0 (18,2; 22,0)	18,9 (16,9; 21,9)	26,0 (23,6; 29,1)	1-2=0,900 1-3<0,001 2-3<0,001

Примечание. Здесь и в следующих таблицах: ПВМИ – полный вектор магнитной индукции; АСМ – абсолютная спектральная мощность альфа-активности в затылочных (О1, О2), заднелобных (F3, F4), центральных (С3, С4) и височных (Т3, Т4) отведениях ЭЭГ; p – уровень статистически значимого отличия между показателями утренних, дневных и вечерних исследований.

Корреляционный анализ показателей ПВМИ и АСМ ЭЭГ в общей выборке показал, что у волонтера А. отмечены высокосвязные положительные связи почти во всех отведениях ЭЭГ (О2, $r = 0,36$, $p < 0,001$; С3, $r = 0,46$, $p < 0,001$; С4, $r = 0,42$, $p < 0,001$; F3, $r = 0,39$, $p < 0,001$; F4, $r = 0,30$, $p < 0,001$; Т3, $r = 0,44$, $p < 0,001$; Т4, $r = 0,54$, $p < 0,001$). При этом степень максимальной связи динамики ПВМИ с мощностью альфа-активности в правой височной области (Т4) значимо выше ($p = 0,002$) коэффициента корреляции с данным показателем в затылочной области (О2).

У волонтера Б. соотношение динамик ПВМИ и АСМ ЭЭГ реципрокное: при максимуме напряженности магнитного поля вечером мощность альфа-активности снижается в большинстве отделов мозга, причем наиболее отчетливо в заднелобных (F3, F4) и височных (Т3, Т4) отделах (табл. 2).

Корреляционный анализ показателей ПВМИ и АСМ ЭЭГ в общей выборке показал, что у волонтера Б. присутствуют значимые отрицательные связи во всех отведениях ЭЭГ (О1, $r = -0,17$, $p = 0,001$; О2, $r = -0,15$, $p = 0,004$; С3, $r = -0,34$, $p < 0,001$; С4, $r = -0,13$, $p = 0,012$; F3, $r = -0,48$, $p <$

Таблица 2

Показатели полного вектора магнитной индукции и абсолютной спектральной мощности альфа-активности электроэнцефалограммы у волонтера Б. Ме (25; 75)

Показатель	Утро (1)	День (2)	Вечер (3)	p
ПВМИ, нТл	52513,4 (52512,5; 52514,4)	52516,6 (52509,5; 52520,3)	52536,2 (52529,2; 52542,5)	1-2=0,021 1-3<0,001 2-3<0,001
АСМ О1, мкВ ²	61,5 (46,6; 84,9)	79,0 (32,1; 107,0)	54,6 (28,2; 86,9)	1-2<0,001 1-3=0,073 2-3<0,001
АСМ О2, мкВ ²	62,9 (47,8; 85,9)	70,4 (30,4; 110,8)	55,1 (28,7; 88,7)	1-2<0,001 1-3<0,001 2-3=0,006
АСМ С3, мкВ ²	20,0 (16,6; 23,5)	23,6 (15,0; 30,2)	15,2 (10,8; 20,3)	1-2<0,001 1-3<0,001 2-3<0,001
АСМ С4, мкВ ²	16,8 (13,9; 20,0)	18,4 (10,8; 24,7)	15,4 (10,5; 20,4)	1-2<0,001 1-3<0,001 2-3<0,001
АСМ F3, мкВ ²	14,9 (13,0; 17,6)	16,7 (12,4; 20,2)	10,5 (7,9; 13,6)	1-2<0,001 1-3<0,001 2-3<0,001
АСМ F4, мкВ ²	13,5 (11,9; 15,8)	14,0 (9,4; 19,3)	11,4 (9,1; 14,0)	1-2=0,003 1-3<0,001 2-3=0,009
АСМ Т3, мкВ ²	6,8 (5,4; 8,4)	8,52 (6,8; 10,1)	4,5 (3,6; 5,8)	1-2=0,772 1-3=0,002 2-3<0,001
АСМ Т4, мкВ ²	7,8 (5,9; 9,4)	6,8 (3,9; 8,9)	6,0 (3,8; 8,0)	1-2=0,900 1-3<0,001 2-3=0,990

Таблица 3

Показатели полного вектора магнитной индукции и абсолютной спектральной мощности альфа-активности электроэнцефалограммы у волонтера В. Ме (25; 75)

Показатель	Утро (1)	День (2)	Вечер (3)	p
ПВМИ, нТл	52514,1 (52512,4; 52515,5)	52509,3 (52504,4; 52516,8)	52530,8 (52529,0; 52532,4)	1-2=0,021 1-3<0,001 2-3<0,001
АСМ О1, мкВ ²	43,5 (35,0; 53,4)	66,2 (55,0; 75,7)	57,7 (46,1; 69,0)	1-2<0,001 1-3<0,001 2-3=0,006
АСМ О2, мкВ ²	56,9 (46,1; 67,1)	76,5 (64,4; 84,5)	60,7 (51,4; 70,6)	1-2<0,001 1-3=0,073 2-3<0,001
АСМ С3, мкВ ²	22,6 (19,6; 25,6)	33,5 (29,8; 37,5)	28,1 (23,8; 32,8)	1-2<0,001 1-3<0,001 2-3<0,001
АСМ С4, мкВ ²	19,3 (16,7; 22,1)	27,5 (24,8; 32,3)	23,8 (20,3; 27,7)	1-2<0,001 1-3<0,001 2-3<0,001
АСМ F3, мкВ ²	20,8 (18,1; 23,7)	27,6 (24,0; 32,0)	22,9 (20,4; 26,6)	1-2<0,001 1-3<0,001 2-3<0,001
АСМ F4, мкВ ²	20,2 (17,5; 23,0)	25,2 (21,7; 29,8)	22,5 (20,3; 26,8)	1-2<0,001 1-3<0,001 2-3<0,001
АСМ Т3, мкВ ²	12,5 (10,1; 14,9)	14,7 (13,1; 16,6)	12,5 (10,1; 14,9)	1-2=0,001 1-3<0,001 2-3<0,001
АСМ Т4, мкВ ²	10,0 (8,5; 11,5)	12,2 (10,2; 14,0)	11,7 (10,2; 14,2)	1-2<0,001 1-3<0,001 2-3=0,990

0,001; F4, $r = -0,36$, $p < 0,001$; T3, $r = -0,49$, $p < 0,001$; T4, $r = -0,30$, $p < 0,001$). При этом степень максимальной связи динамики ПВМИ с мощностью альфа-активности в левой височной области (Т3) значимо выше ($p < 0,001$) минимального коэффициента корреляции с мощностью альфа-активности в затылочной области (О2).

У волонтера В. соотношение динамик ПВМИ и АСМ ЭЭГ также реципрокное, как и у волонтера Б., то есть при максимуме силы магнитного поля Земли вечером мощность альфа-активности также значимо ниже, чем днем, за исключением показателей в правой височной области Т4 (табл. 3).

Корреляционный анализ показателей ПВМИ и АСМ ЭЭГ в общей выборке показал, что у волонтера В. регистрируются значимые отрицательные связи лишь в некоторых отведениях ЭЭГ (О2, $r = -0,28$, $p < 0,001$; F3, $r = -0,16$, $p = 0,002$; T3, $r = -0,22$, $p < 0,001$) без выраженных приоритетов в силе корреляционной связи.

Обсуждение результатов

У волонтера А. увеличение мощности альфа-активности над всеми точками конвексительной поверхности скальпа, сопряженное с увеличением показателя ПВМИ, отражает усиление синхронизирующих влияний таламических структур и некоторое снижение десинхронизирующих влияний ретикулярных структур ствола на кору головного мозга. Наоборот, снижение величины напряженности магнитного поля может повлиять и на ослабление уровня нейрональной активации коры головного мозга [15]. Полученный факт максимально выраженной связи динамики спектральной мощности альфа-активности в правой височной области с колебаниями параметра ПВМИ у волонтера А. согласуется с результатами И. Е. Кануникова с соавт. [8], которые показали наиболее значимую связь пространственной синхронизации активности биопотенциалов в правой височной области коры головного мозга с изменениями геомагнитной активности. Известно, что височная область коры головного мозга включает корковую зону слухового анализатора, имеет тесную связь с лимбической системой, реализующей эмоционально-аффективные состояния. Правая височная доля также ответственна за адекватную оценку восприятия времени [10]. Учитывая, что суточные колебания геомагнитной активности могут быть сопряжены и с инфразвуковыми явлениями атмосферы, можно предположить высокую индивидуальную чувствительность слуховой зоны коры мозга волонтера А. к внешним факторам акустической природы [13], а положительный знак корреляции отражает вариант адаптивной настройки биоритмики мозга в данных рамках диапазона колебаний естественного магнитного поля [2].

Поскольку снижение альфа-активности у волонтера Б. в меньшей степени затрагивает зону основной

проекции таламических ритмозадающих структур (затылочные отделы), относительное снижение мощности альфа-активности в передних отделах свидетельствует о сохранении затылочно-лобного градиента распределения альфа-активности. Такое распределение основного ритма (альфа-активности) у волонтера отражает сохранение уровня бодрствования и психофизиологической активности в вечернее время. Данные корреляционного анализа у волонтера Б. свидетельствуют о том, что наиболее сильная корреляционная связь, причем отрицательная, у показателя магнитной индукции с мощностью альфа-активности в левой заднелобной (F3) и левой височной (T3) областях. Лобные доли наиболее тесно связаны с активностью ретикулярной формации, объединяют информацию о внешнем мире, поступающую через аппараты экстерорецепторов, и информацию о внутреннем состоянии организма [10], а также регулируют активность срединных, диэнцефальных структур мозга, где находятся центры вегетативной и эндокринной регуляции внутренних органов [9]. Отрицательный характер корреляционной связи может отражать процессы десинхронизации основного ритма и усиление представительства ритмов других частотных диапазонов ЭЭГ в данных областях мозга — высоко- или низкочастотных [20].

У волонтера В. колебания мощности ЭЭГ-активности в различные периоды дня минимально зависели от суточного хода напряженности магнитного поля Земли. Это может быть обусловлено значительными колебаниями мощности основного ритма в течение дня, что свидетельствует о неустойчивости активности ритмозадающих структур, а также о периодической активизации восходящих активирующих влияний на кору головного мозга со стороны ретикулярных структур ствола [10] у данного волонтера, по-видимому, социального и психоэмоционального характера. В любом случае можно предположить вариант слабовыраженной сонастройки ритмов в биологической и геодинамической системах [2], что предполагает риск развития десинхроноза при более выраженных колебаниях напряженности геомагнитного поля.

Предложенный методический подход по выявлению характера соотношений суточных изменений мощности основного ритма биоэлектрической активности головного мозга и вариаций магнитного поля Земли может выявить многообразие индивидуальных реакций нейрофизиологических структур на слабые, но биологически значимые колебания параметров магнитного поля Земли у человека. В настоящем исследовании в качестве примера показаны три варианта нейрофизиологических реакций в ответ на повышение напряженности геомагнитного поля: повышение мощности альфа-активности ЭЭГ преимущественно в правой височной области, снижение мощности данного вида ритма ЭЭГ преимущественно

в левой лобно-височной области и реакция общего снижения мощности альфа-активности.

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Макарова И. И. Магнитное поле земли и организм человека // Экология человека. 2005. № 9. С. 3–9.
2. Аптикаева О. И., Гамбурцев А. Г., Степанова С. И., Галичий В. А. Использование биоритмологического опыта при прогнозировании состояния биологических и геодинамических систем // Геофизические процессы и биосфера. 2008. Т. 7, № 1. С. 32–52.
3. Бардак А. Л., Бородин А. С., Калюжин В. В., Колесник А. Г. Влияние вариаций глобальных и региональных параметров гелиогеомагнитной обстановки на состояние сердечно-сосудистой системы человека в норме и патологии // Вестник Томского государственного университета. 2003. № 278. С. 134–140.
4. Владимирский Б. М., Темурьянц Н. А., Мартынюк В. С. Космическая погода и наша жизнь. Фрязино, 2004. 224 с.
5. Жирмунская Е. А., Лосев В. С. Системы описания и классификация электроэнцефалограмм человека. М.: Наука, 1984. 81 с.
6. Зенков Л. Р., Ронкин М. А. Функциональная диагностика нервных болезней (руководство для врачей). М.: МЕДпресс-информ, 2004. 488 с.
7. Зенченко Т. А., Мёрзлый А. М., Поскотинова Л. В. Методика оценки индивидуальной метеоро- и магниточувствительности организма человека и ее применение на различных географических широтах // Экология человека. 2009. № 10. С. 3–11.
8. Кануников И. Е., Белов Д. Р., Гетманенко О. В. Влияние геомагнитной активности на электроэнцефалограмму человека // Экология человека. 2010. № 6. С. 6–11.
9. Латаш Л. П. Гипоталамус, приспособительная активность и электроэнцефалограмма. М.: Наука, 1968. 295 с.
10. Лурия А. Р. Высшие корковые функции человека. СПб.: Питер, 2008. 624 с.
11. Пащенко А. В., Гудков А. Б., Волосевич А. И. Реакция срединных структур головного мозга на локальное охлаждение по данным ЭЭГ // Экология человека. 2001. № 4. С. 43–45.
12. Побаченко С. В. Сопряженность флуктуаций параметров фоновых УНЧ-КНЧ электромагнитных полей с характеристиками мозгового электрогенеза человека при различных гелиофизических условиях // Вестник Томского государственного университета. 2007. № 297. С. 165–167.
13. Самойлов В. О., Пономаренко Г. Н., Енин Л. Д. Низкочастотная биоакустика. СПб.: Реверс, 1994. 215 с.
14. Хаснулин В. И., Хаснулина А. В., Безпрозванная Е. А. Асимметрии функциональной активности полушарий мозга и обеспечение эффективной адаптации к геоэкологическим факторам высоких широт // Мир науки, культуры и образования. 2011. № 2 (27). С. 308–311.
15. Ходанович М. Ю., Кривова Н. А., Гуль Е. В. и др. Влияние долговременного снижения уровня геомагнитного поля на биоэлектрическую активность мозга лабораторных крыс // Вестник Томского государственного университета. 2011. № 348. С. 155–160.
16. Хорсева Н. И., Григорьев П. Е. Возможная роль гелиогеофизических факторов в развитии симптомоком-

плекса послеродовой энцефалопатии // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4, № 1–2. С. 98–100.

17. Beason R. C. Mechanisms of Magnetic Orientation in Birds // Integrative and Comparative Biology. 2005. Vol. 45. P. 565–573.

18. Cornélissen G., Halberg F., Wendt H.W., etc. Chronobiology: a frontier in biology and medicine // Chronobiologia. 1989. Vol. 16. P. 383–408.

19. Makarova I. I. Changes in concentration of the brain and blood lipids of rats due to augmentation of the geomagnetic activity // Aviakosm. Ekolog. Medicina. 2000. Vol. 34, N 5. P. 59–61.

20. Mulligan B. P., Persinger M. A. Experimental simulation of the effects of sudden increases in geomagnetic activity upon quantitative measures of human brain activity: validation of correlational studies // Neurosciences Letters. 2012. Vol. 516. P. 54–56.

21. Wu L. Q., Dickman J. D. Magnetoreception in an avian brain in part mediated by inner ear lagena // Current Biology. 2011. Vol. 21, issue 5. P. 418–423.

References

1. Agadzhanian N. A., Makarova I. I. Earth magnetic field and human organism. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2005, 9, pp. 3–9. [in Russian]
2. Aptikaeva O. I., Gamburtsev A. G., Stepanova S. I., Galichii V. A. Use of biorythmologic experience in forecasting of biological and geodynamics systems state. *Geofizicheskie protsessy i biosfera* [Geophysical Processes and Biosphere]. 2008, 7 (1), pp. 32–52. [in Russian]
3. Bardak A. L., Borodin A. S., Kalyuzhin V. V., Kolesnik A. G. Influence of global and regional parameter variations of heliogeomagnetic conditions on human cardiovascular system in health and disease. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Tomsk State University Journal]. 2003, 278, pp. 134–140. [in Russian]
4. Vladimirkii B. M., Temur'yants N. A., Martynyuk V. S. *Kosmicheskaya pogoda i nasha zhizn'* [Space Weather and Our Life]. Fryazino, 2004, 224 p.
5. Zhirmunskaya E. A., Losev V. S. *Sistemy opisaniya i klassifikatsiya elektroentsefalogramm cheloveka* [Systems of Description and Classification of Human Electroencephalogram]. Moscow, Nauka Publ., 1984, 81 p.
6. Zenkov L. R., Ronkin M. A. *Funktsional'naya diagnostika nervnykh boleznei* [Functional Diagnosis of Nervous Diseases]. Moscow, MEDpress-inform, 2004, 488 p.
7. Zhenchenko T. A., Merzlyi A. M., Poskotinova L. V. Technique of estimation of individual human meteorological and magnetic sensitivities and its application in different geographical latitudes. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2009, 10, pp. 3–11. [in Russian]
8. Kanunikov I. E., Belov D. R., Getmanenko O. V. Influence of geomagnetic activity on human electroencephalogram. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2010, 6, pp. 6–11. [in Russian]
9. Latash L. P. *Gipotalamus, prispособitel'naya aktivnost' i elektroentsefalogramma* [Hypothalamus, adaptive activity and electroencephalogram]. Moscow, Nauka Publ., 1968, 295 p.
10. Luriya A. R. *Vysshie korkovye funktsii cheloveka* [Human Higher Cortical Functions]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2008, 624 p.
11. Pashchenko A. V., Gudkov A. B., Volosevich A. I. Reaction of medial brain structures to local cooling according

to EEG data. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2001, 4, pp. 43-45. [in Russian]

12. Pobachenko S. V. The conjugation variations of ULF-ELF electromagnetic fields parameters of environment background with human brain electrogenesis in different gelio-geomagnetic conditions. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Tomsk State University Journal]. 2007, 297, pp. 165-167. [in Russian]

13. Samoilov V. O., Ponomarenko G. N., Enin L. D. *Nizkochastotnaya bioakustika* [Low-frequency Bioacoustics]. Saint Petersburg, Revers Publ., 1994, 215 p.

14. Hasnulin V. I., Hasnulina A.V., Bezprozvannaya E. A. Functional interhemispheric asymmetry and efficient adaptation to geo-ecological factors of high latitudes. *Mir nauki, kul'tury i obrazovaniya* [World of Science, Culture and Education]. 2011, 2 (27), pp. 308-311. [in Russian]

15. Khodanovich M. Yu., Krivova N. A., Gul' E. V. et al. Effect of long-term geomagnetic field deprivation on bioelectrical activity of laboratory rat brain. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. [Tomsk State University Journal]. 2011, 348, pp. 155-160. [in Russian]

16. Khorseva N. I., Grigor'ev P. E. Possible role of heliogeophysical factors in development of postpartum encephalopathy symptoms. *Geofizicheskie protsessy i biosfera* [Geophysical Processes and Biosphere]. 2005, 4 (1-2), pp. 98-100. [in Russian]

17. Beason R. C. Mechanisms of Magnetic Orientation in Birds. *Integrative and Comparative Biology*. 2005, 45, pp. 565-573.

18. Cornélissen G., Halberg F., Wendt H.W., etc. Chronobiology: a frontier in biology and medicine. *Chronobiologia*. 1989, 16, pp. 383-408.

19. Makarova I. I. Changes in concentration of the brain and blood lipids of rats due to augmentation of the geomagnetic activity. *Aviakosm. Ekologic. Medicina*. 2000, 34 (5), pp. 59-61.

20. Mulligan B. P., Persinger M. A. Experimental simulation of the effects of sudden increases in geomagnetic activity upon quantitative measures of human brain activity: validation of correlational studies. *Neurosciences Letters*. 2012, 516, pp. 54-56.

21. Wu L. Q., Dickman J. D. Magnetoreception in an avian brain in part mediated by inner ear lagena. *Current Biology*. 2011, 21 (5), pp. 418-423.

ALTERATIONS OF DYNAMICS OF HUMAN ELECTROENCEPHALOGRAM SPECTRAL PARAMETERS DURING DAILY GEOMAGNETIC FIELD VARIATIONS

^{1,2}L. V. Poskotinova, ¹D. B. Demin, ¹E. V. Krivonogova

¹Institute of Environmental Physiology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, ²Institute of Medical-Biological Research of Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

The technique of identifying the nature of daily changes in spectral power relations of the basic rhythm brain activity and geomagnetic field variations has been proposed. There has been carried out an analysis of electroencephalogram (EEG) alpha activity spectral power recording at every minute in the morning, afternoon and evening during 5 days (12 recordings, 30 minutes each) in three healthy volunteers compared to every-minute variations of the total geomagnetic field vector (TGMFV). It has been established that in cases of increased TGMFV evening values, general alpha EEG-activity could increase, indicating an increase in internal synchronization of the brain pacemaker structures, and it could be reduced reflecting desynchronizing effects of the reticular formation on the cerebral cortex. There have been detected three variations of individual sensitivity of the brain parts to increased TGMFV indices — increased spectral power of EEG alpha-activity predominantly in the right temporal brain part, reduced spectral power of this EEG type predominantly in the left frontal-temporal brain part and a reaction of the total spectral power reduction of EEG alpha-activity.

Keywords: electroencephalogram, geomagnetic activity

Контактная информация:

Поскотина Лилия Владимировна — доктор биологических наук, доцент, зав. лабораторией биоритмологии ФГБУН «Институт физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН»; профессор кафедры экологической физиологии и биохимии ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова» Министерства образования и науки Российской Федерации
Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Ломоносова, д. 249
Тел. (8182) 65-29-95
E-mail: liliya200572@mail.ru