

УДК 577.3 043

**ЭЭГ-РЕАКЦИИ МОЗГА ЧЕЛОВЕКА
В ГРАДИЕНТНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ
ЗОНЫ АКТИВНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗЛОМА
(ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)**

© 2015 г. С.В. Побаченко¹, А.В. Шитов², П.Е. Григорьев³, М.В. Соколов¹,
А.И. Зубрилкин¹, Д.Н. Выпирайло¹, А.В. Соловьев¹

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

² Горно-Алтайский государственный университет, г. Горно-Алтайск, Россия

³ Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь, Россия

Представлены результаты экспериментальных исследований динамики показателей функционального состояния человека, находящегося в пределах зоны активного геологического разлома, характеризующейся аномальными параметрами пространственного распределения значений вектора магнитного поля. Показано, что данные геофизические модификации оказывают выраженное влияние на флуктуацию показателей электрической активности мозга человека. При попадании человека в зону с аномальным градиентом уровней магнитного поля и полном отсутствии каких-либо субъективных ощущений наблюдается неспецифическая ориентационная реакция активации, характеризующаяся значимым повышением уровней амплитудных показателей в основных функциональных частотных диапазонах электроэнцефалограммы (ЭЭГ) мозга.

Ключевые слова: пространственные неоднородности магнитного поля геологических разломов, ЭЭГ мозга человека, реакции активации.

PACS 91.63.Xy (Biosphere/atmosphere interaction)

Введение

Общепризнано, что магнитные поля окружающей среды являются экологическим фактором, в значительной степени определяющим оптимальное функционирование живых систем, в том числе организма человека [Дубров, 1974; Колесник и др., 2009; Владимирский, 2013]. Ориентация животных, насекомых и птиц, включая хоминг, осуществляется во многом благодаря чувствительности к слабым пространственным и временным изменениям геомагнитного поля, в том числе к магнитным аномалиям [Walker, Bitterman, 1989; Dennis et al., 2007; Wiltschko et al., 2009].

Геомагнитные аномалии природного характера, расположенные в различных регионах мира, существенно влияют также на здоровье и эмоционально-психологическое состояние человека. На большом статистическом материале показано, что именно в зонах с повышенной интенсивностью геомагнитное поле является одним из ведущих экологических факторов риска для здоровья человека [Chernykh et al., 2005; Zabroda, Artemenko., 2008]. Так, в зонах масштабных геомагнитных аномалий, например в пределах Курской магнитной аномалии в России, где напряженность геомагнитного поля по вертикали превышает среднемировые значения в 3–4 раза, наблюдаются более высокие уровни заболеваемости населения гипертонической болезнью, ревматизмом, нервно-психическими расстройствами по сравнению с близлежащими районами; существенно выше (в 1.5–9 раз) заболеваемость детей по различным нозологиям. Флуктуации фоновых магнитных полей, возникающие в периоды магнитных бурь либо вызванные тем или иным техногенным или естественным агентом, также могут являться причиной выраженных нарушений функционирования основных регуляторных систем организма человека, таких как нервная и сердечно-сосудистая система, что, в свою очередь, может приводить к снижению резистентности организма к различным заболеваниям. Имеются убедительные эпидемиологические данные по повышению числа госпитализаций в дни с подобными геомагнитными условиями [Dennis et al., 2007; Wiltschko et al., 2009].

Поскольку наряду с геомагнитной аномалией и временными изменениями геомагнитного поля на здоровье населения действуют и другие факторы (погодноклиматические, а также санитарно-гигиенические – загрязнение почв, воды, воздуха, уровень жизни, и т.п.), для исследования эффекта от изолированного действия магнитной аномалии необходимо так организовать исследование, чтобы изучаемая зона занимала достаточно ограниченный участок на местности (в пределах нескольких десятков квадратных метров) и при этом находилась бы вдали от источников электромагнитного загрязнения антропогенного характера. Тогда можно говорить, во-первых, о чистоте эксперимента, и, во-вторых, проверить, как на аномалию реагируют быстротекущие процессы, характеризующие функциональное состояние организма человека, прежде всего его нервной системы и головного мозга. При таких условиях мониторинга регистрируются изменения, происходящие в организме человека на входе, в процессе нахождения и при выходе из аномальной зоны. Есть основания полагать, что пребывание человека в аномальных геофизических зонах, нередко локализованных в пределах сейсмически опасных территорий, существенно модифицирует функционирование как организма человека в целом, так и отдельных его систем [Mach, Persinger, 2009].

Характеристика района исследования

Участок, на котором производились наблюдения, расположен в долине р. Талтура (Горный Алтай). Он характеризуется пониженной аномалией полного вектора магнитного поля T , что связано с тектоническим разломом, протянувшимся от эпицентра Чуйского землетрясения к оползню Арха-Узюк [Геодаков и др., 2003]. К этому разлому приурочены наиболее разрушительные сейсмодислокации поверхности, которые, согласно данным картирования спутниковыми приемниками средней точности, находятся в пределах линейной зоны на участке ее сопряжения с Чарышско-Теректинским разломом. Фрагменты этой зоны визуально фиксируются разнообразными катастрофическими деформациями поверхности, трассируя тектоническую зону с азимутом простирания 120–300°. Тектонический разлом (азимут 120–300°) является опережающей структурой Чарышско-Теректинского разлома и достаточно уверенно выделяется по геофизи-

ческим данным [Тимофеев и др., 2006]. Здесь активно проявлены деформационные и фильтрационные аномальные характеристики, которые определяются напряженно-деформационным состоянием горных пород, геометрическими параметрами нарушения, свойствами его заполнителя и другими особенностями.

В 2011–2013 гг. на обследуемой территории были проведены мониторинговые исследования частоты сердечных сокращений волонтеров во время их нахождения на активных геологических разломах. Это позволило получить информацию о реакции организма человека на изменяющиеся внешние воздействия и его способность к адаптации [Шутов и др., 2013]. Известно, что именно нервная система человека и зависящие от нее параметры сердечной деятельности крайне чувствительны к изменениям магнитного поля как природного, так и антропогенного характера [Ораевский и др., 1998; Bistolfi, 2007; Liboff, 2013]. В то же время данные о реакции функциональных систем организма человека в периоды непосредственного воздействия вариаций параметров магнитных полей достаточно фрагментарны; в первую очередь это относится к онлайн-оценкам функционального состояния мозга человека. Существует ряд работ, связанных с оценками параметрических модификаций характеристик электрической активности мозга человека в периоды геомагнитных возмущений [Белов и др., 1998, 2001; Побаченко и др., 2006]. Исследований показателей ЭЭГ мозга человека в зонах с аномальными значениями магнитных полей нами не обнаружено. В связи с этим было организовано и проведено экспедиционное пилотное исследование динамики показателей функционального состояния мозга человека в естественных условиях в зоне активного геологического разлома с аномальным градиентом магнитного поля. Данная зона обнаружена в эпицентре мощного землетрясения (7.3 балла по шкале Рихтера) 2003 г. в окрестности пос. Бельтир (Горный Алтай).

Методика исследований

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных мониторинговых исследования, проведенных в двух административных районах Республики Алтай. Первая серия измерений (контрольная) проводилась в загородной зоне в условиях естественного среднеширотного электромагнитного фона с минимальным вкладом техногенных компонент (Майминский р-н; 51° 49' 49" с.ш.; 85° 46' 30" в.д.). Вторая серия экспериментов включала магниторазведочные работы (в том числе маршрутные съемки, исследования отдельных площадок (микромагнитная съемка)) и проходила в Кош-Агачском р-не в окрестности пос. Бельтир (49° 58' 40" с.ш.; 88° 10' 01" в.д.). В ходе исследования изучались характер и структура магнитного поля выявленных участков разломных зон. Для измерений использовался квантовый магнитометр ММП-303. Магниторазведочные работы проводились с одновременным определением координат точки измерения (GPS-приемник Etrex). Маршрутные съемки были реализованы по долине р. Чаган и вблизи мест площадных съемок. Масштаб площадных съемок 1:100. Велся постоянный хронометраж с целью введения поправки за вариации на отдельных (контрольных) точках. О высокой эффективности магнитных съемок при изучении микроплощадок указывалось в ряде источников (см., например, [Ерофеев, 1976]). Методика работ в целом отвечала требованиям инструкции по проведению магниторазведочных работ [Магниторазведка..., 1980].

Охваченный микромагнитной съемкой участок представляет собой глыбу гнейсовых пород. В результате действия процессов динамометаморфизма домены магнитосодер-

жащих минералов в этой глыбе приобрели четкую ориентацию, которая и обусловила сильноградиентные неоднородности магнитного поля в ее пределах (порядка десятков тысяч нанотесл на метр).

В измерениях комплекса психофизиологических характеристик, в первую очередь электроэнцефалографических данных, проводимых в режиме круглосуточного мониторинга, в качестве испытуемых были задействованы два волонтера – практически здоровые мужчины в возрасте 23 и 47 лет.

Для съема характеристик электрической активности головного мозга использовался электроэнцефалографический комплекс «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» (рис. 1, а), позволяющий фиксировать параметры по типу холтеровских ЭКГ. Фиксировались данные ЭЭГ по 19 стандартным отведениям (система 10–20). Для корректного выделения шумовых компонент в ЭЭГ снимались значения окулографических и миографических показателей, которые использовались в анализе.

В первой серии экспериментов (контроль) измерение параметров ЭЭГ проводилось в автономном режиме с записью данных на карту памяти регистратора при полной свободе жизнеактивности человека. Времена всех событий фиксировались в дневнике. Для каждого волонтера осуществлено по одной суточной записи.

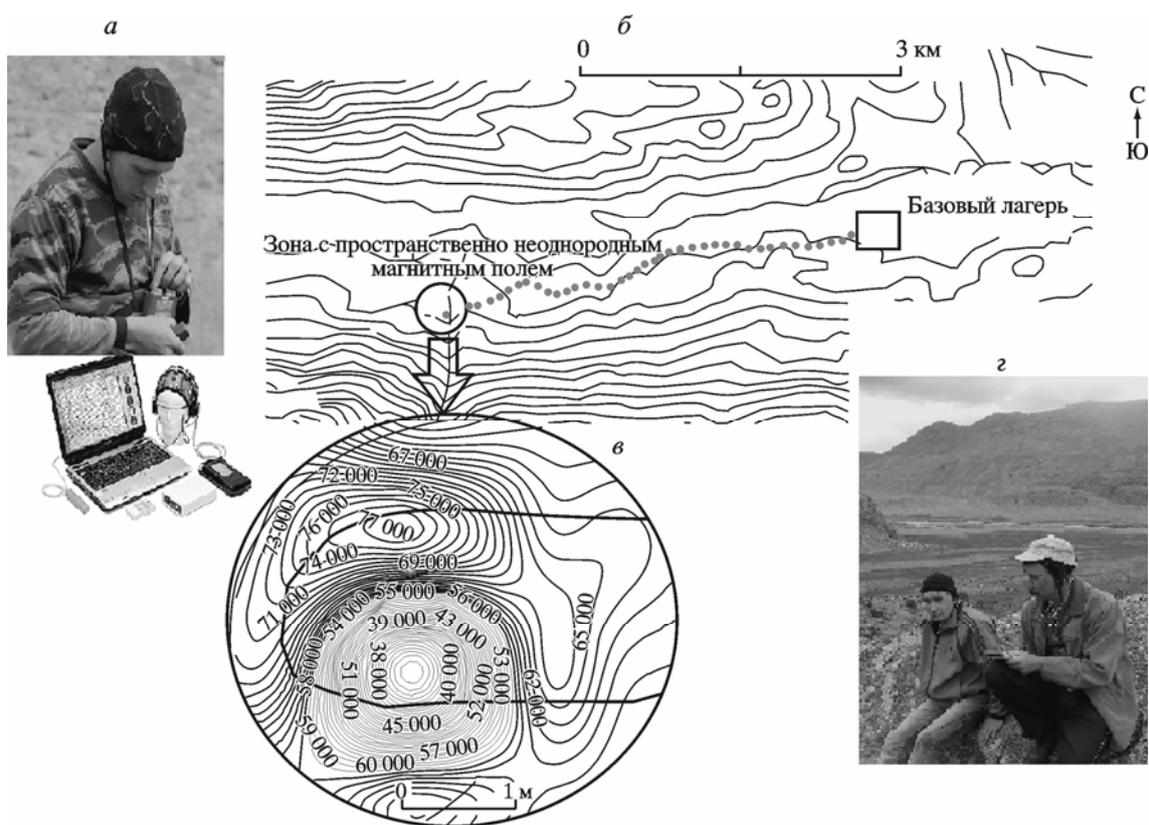


Рис. 1. Мониторинговые измерения электрической активности головного мозга человека в условиях естественного и повышенного электромагнитного поля

а – измерения в контрольной серии и в районе базового лагеря с использованием устройства «Энцефалан-ЭЭГР-19/26»;

б – маршрут движения волонтеров при экспедиционных измерениях;

в – увеличенное изображение зоны с фиксируемыми значениями (изолинии, нТл) пространственно неоднородного магнитного поля;

г – измерения в зоне естественно модифицированного магнитного поля

Вторая серия экспериментов проходила в аналогичном режиме. При этом каждый волонтер в полуденное время проходил по одному и тому же маршруту (рис. 1, б) от базового лагеря до места с модифицированным магнитным полем, уровни неоднородности которого представлены на рис. 1, в. Время нахождения в данной зоне составляло 15 мин. (Необходимо отметить, что волонтеры не были информированы о точной локализации (размерах) магнитоаномальной зоны.) Затем волонтеры возвращались в базовый лагерь. Все события по пути также фиксировались в дневнике.

После завершения суточных измерений все данные ЭЭГ копировались на жесткий диск и формировалась база данных для дальнейшего анализа.

На рис. 2 представлен фрагмент записи динамики спектральной мощности ЭЭГ в диапазоне α -ритма головного мозга. Следует отбросить предположение о том, что изменения ЭЭГ могли быть связаны с усталостью испытуемых, поскольку, во-первых, они периодически отдыхали по мере продвижения по комфортному, с точки зрения пешей прогулки, маршруту, а, во-вторых, как видно из приведенного на рис. 2 примера, изменения на ЭЭГ наблюдались только при нахождении волонтера в магнитоаномальной зоне и всякий раз с запаздыванием.

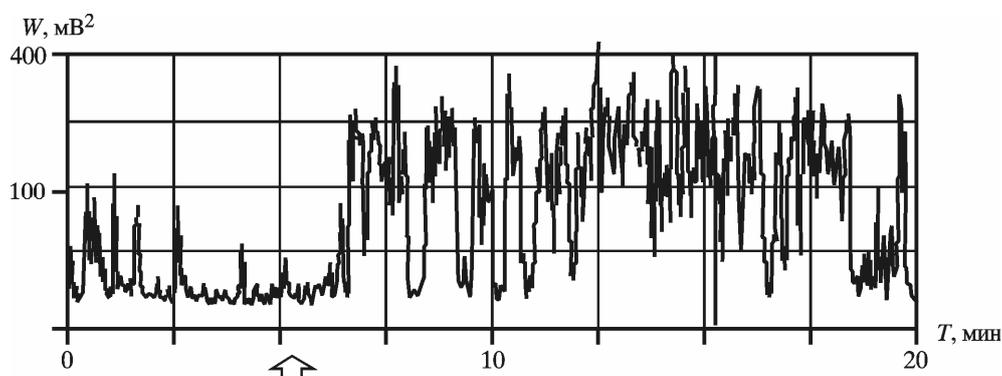


Рис. 2. Вариации значений спектральной мощности ЭЭГ головного мозга человека в диапазоне α -ритма (8–13 Гц) (канал O2) для 20-минутного интервала

Стрелкой отмечен момент вхождения волонтера в зону с аномальным градиентом магнитного поля

Во время проведения всех серий исследований волонтеры с целью оценки общего психофизиологического состояния проводили тестирование по экспресс-методике оценки психоэмоционального состояния САН (самочувствие–активность–настроение), фиксируя при этом значения артериального давления и пульса. Следует отметить, что во всех случаях значения не выходили за рамки нормативных. Кроме того, фиксировался весь возможный комплекс гелиогеофизических и климатических показателей, причем общая геомагнитная активность за весь период проведения измерений была низкой ($K_p = 1-2$).

Результаты и их обсуждение

Для анализа были использованы временные ряды амплитудных значений ЭЭГ, разделенных на семь 10-минутных интервалов: два интервала соответствуют времени нахождения волонтера в лагере до прибытия в аномальную зону, один интервал – времени нахождения волонтера в зоне магнитной аномалии и четыре интервала – времени после возвращения волонтера в базовый лагерь. Затем для каждого интервала с помо-

щью дискретного Фурье-преобразования производился расчет абсолютных значений спектральной мощности для диапазонов частот 0.3–4.0 и 8.0–13.0 Гц по всем ЭЭГ-отведениям для всех экспериментальных серий. В дальнейшем для удобства и однозначности представления результатов используются значения спектральной плотности амплитуды [Гнездицкий, 2004].

Анализ полученных данных по динамике изменений амплитудных показателей ЭЭГ в исследуемых частотных диапазонах ЭЭГ для первого волонтера (МВ) позволяет выделить ряд принципиальных особенностей.

Распределение амплитудных показателей ЭЭГ активности в диапазоне частот 0.3–4.0 Гц (Δ -активность) (рис. 3, а) показывает, что в период нахождения волонтера в лагере, предшествующий его прибытию в зону магнитной аномалии, уровень амплитуд ЭЭГ флуктуирует в достаточно узком диапазоне. В интервал времени, соответствующий пребыванию волонтера в зоне магнитной аномалии (12:10–12:25 ч), наблюдается существенное увеличение значений спектральной мощности. Оценка усредненных фиксируемых амплитудных значений у данного волонтера позволяет констатировать их увеличение в 2.77 раза при нахождении в аномальной зоне. В периоды времени, соответствующие возвращению волонтера в лагерь, амплитудные значения в данном частотном диапазоне снижаются фактически до исходных уровней.

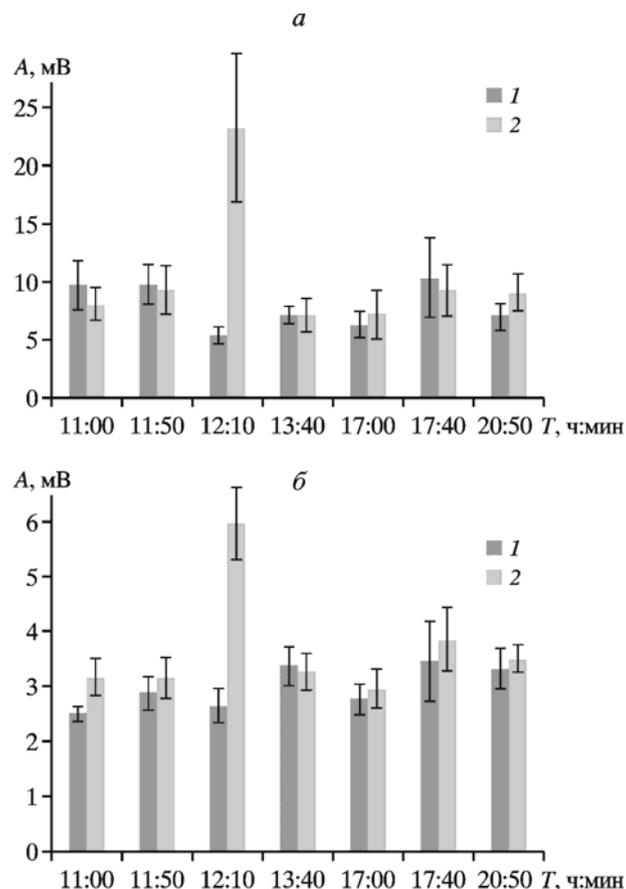


Рис. 3. Распределение амплитудных показателей ЭЭГ головного мозга волонтера МВ по 19 отведениям в двух сериях измерений в фиксируемые интервалы времени в диапазонах частот 0.3–4.0 Гц (а) и 8–13 Гц (б) в условиях естественного (1) и повышенного (2) электромагнитного поля

Здесь и далее на рис. 4–6 отмечены доверительные интервалы отклонения средних значений для уровня вероятности 0.95.

Аналогичная динамика амплитудных показателей ЭЭГ наблюдается в диапазоне частот 8.0–13.0 Гц (рис. 3, б). При этом увеличение амплитудных значений ЭЭГ во время нахождения волонтера в зоне с аномальным градиентом магнитного поля составляет 1.8 раза относительно фонового уровня.

Для контрольных измерений в режиме суточного мониторинга, проведенных на базе отдыха в окрестности г. Горно-Алтайск, в исследуемых диапазонах частот наблюдается плавный дрейф амплитудных значений (1 на рис. 3). На интервалах, соответствующих периоду экспедиционных измерений в пределах зоны с аномальным градиентом магнитного поля, не наблюдается существенных изменений показателей ЭЭГ. Таким образом, можно утверждать, что выявленная реакция активации мозговой активности не является нормальной дневной динамикой показателей ЭЭГ (в данном случае амплитудных значений спектральной мощности в Δ - и α -диапазонах) для волонтера МВ. Данное заключение подтверждается аналогичными результатами и для волонтера АВ (рис. 4).

У второго волонтера (АВ) наблюдается схожая реакция активации в Δ - и α -диапазонах во время его пребывания в зоне с аномальным градиентом магнитного поля (13:50 ч). Но в отличие от волонтера МВ, у волонтера АВ этот эффект проходит с большим увеличением амплитудных значений в диапазоне частот 0.3–4.0 Гц (Δ -активность). У данного волонтера происходило увеличение фиксируемых усредненных амплитудных значений в среднем в 4.52 раза в Δ -диапазоне и в 1.84 раза в α -диапазоне.

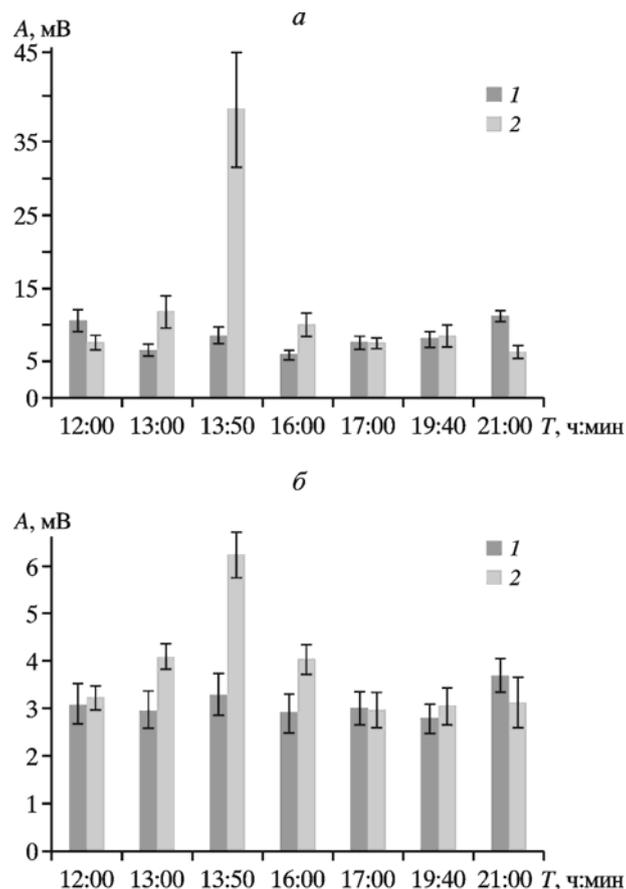


Рис. 4. Распределение амплитудных показателей ЭЭГ головного мозга волонтера АВ по 19 отведениям в двух сериях измерений в фиксируемые интервалы времени в диапазонах частот 0.3–4.0 Гц (а) и 8–13 Гц (б) в условиях естественного (1) и повышенного (2) электромагнитного поля

Кроме того, можно отметить ряд закономерностей, связанных с особенностями отклика на аномальные характеристики магнитного поля левого и правого полушарий головного мозга в тестируемых диапазонах. На рис. 5 представлено распределение амплитудных значений по всем исследуемым каналам в Δ -диапазоне на временном интервале, соответствующему периоду входа волонтеров в зону с аномальным градиентом магнитного поля. Данное распределение позволяет отметить слабо выраженную межполушарную асимметрию у волонтера МВ (см. рис. 5, *а*), в то время как у волонтера АВ происходит усиление доминирования левого полушария над правым (см. рис. 5, *б*). Также можно отметить, что у волонтера МВ наибольшее увеличение амплитудных значений происходит в лобных и височных долях, что соответствует каналам Fp2–Fp1, F8–F7. У волонтера АВ наблюдается аналогичный эффект, но слабовыраженный.

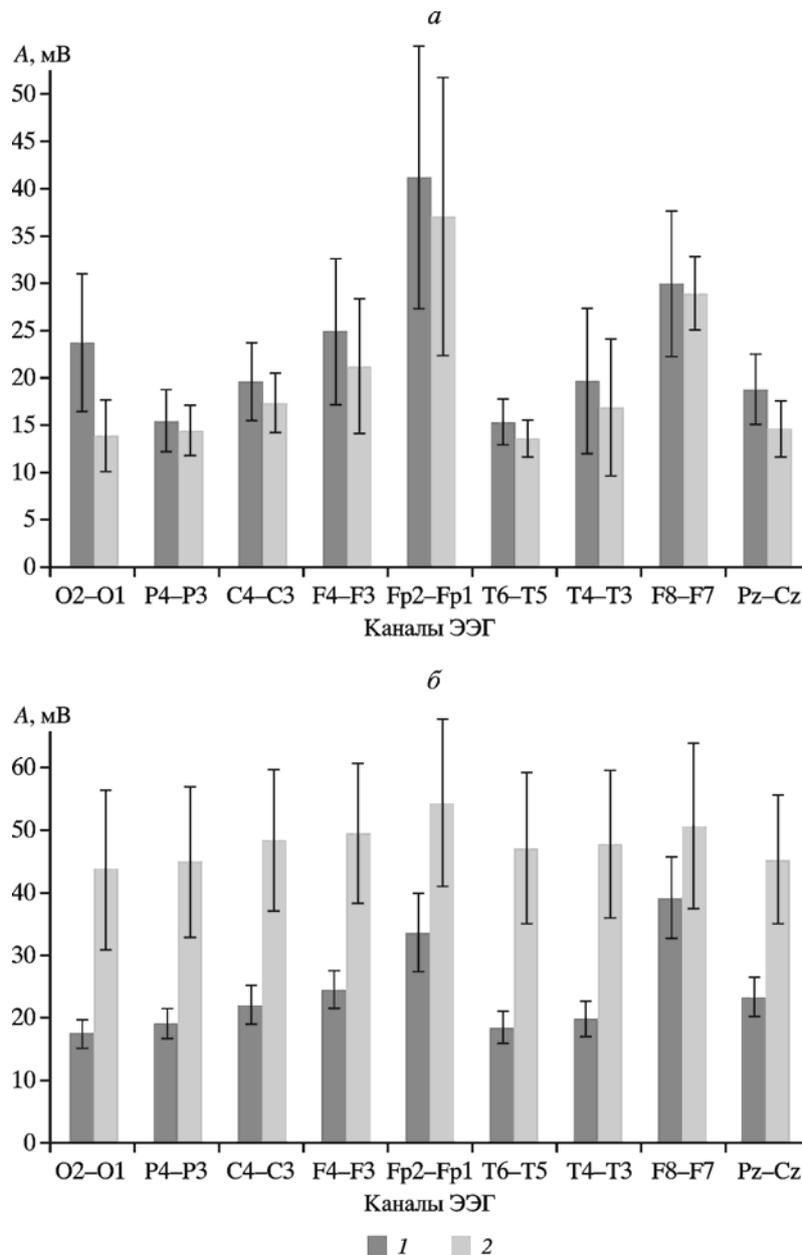


Рис. 5. Межполушарные соотношения амплитудных значений ЭЭГ по 19 отведениям в диапазоне частот 0.3–4.0 Гц (Δ -диапазон) для волонтеров МВ (*а*) и АВ (*б*)

1 – каналы правого полушария мозга; 2 – каналы левого полушария мозга

Анализ распределения амплитудных значений для правого и левого полушарий волонтера МВ в α -диапазоне (рис. 6, *а*) позволил сделать вывод о наличии следующих закономерностей. Межполушарная асимметрия слабо выражена, можно отметить преобладание правого полушария над левым, наибольшее увеличение амплитуды происходит, в отличие от Δ -диапазона, в затылочных долях наряду с лобными и височными долями, что соответствует каналам O2–O1, P4–P3, Fp2–Fp1, F8–F7.

Анализ межполушарной мозговой активности для волонтера АВ в α -диапазоне позволил отметить преобладание левого полушария над правым (рис. 6, *б*); асимметрия полушарий выражена значительно, чем у волонтера МВ, максимальное увеличение амплитуды также наблюдается в затылочных, лобных и височных долях.

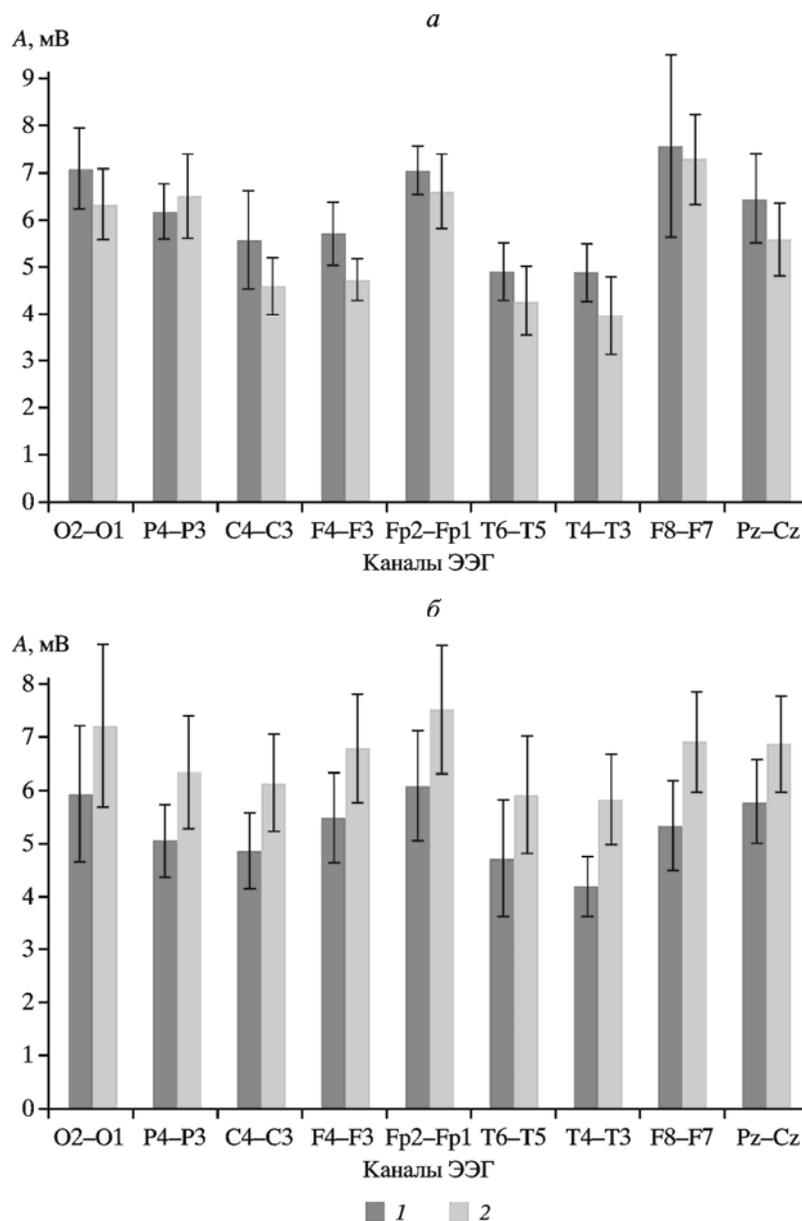


Рис. 6. Межполушарные соотношения амплитудных значений ЭЭГ по 19 отведениям в диапазоне частот 8–13 Гц (α -диапазон) для волонтеров МВ (*а*) и АВ (*б*)

1 – каналы правого полушария мозга; 2 – каналы левого полушария мозга

Отмеченные у обоих волонтеров реакции отчасти сходны с результатами реакций на магнитные бури, представленными в работах [Walker, Bitterman, 1989; Chernych et al., 2005]. Подобный тип модификаций функционального состояния мозга человека, вероятно, можно определить как неспецифическую ориентировочную реакцию на внешний стимул, не идентифицируемую системами сенсорной индикации, но однозначно воспринимаемую организмом. Данное предположение соответствует концептуальным представлениям о стохастической детерминации биоритмических процессов регуляции контуров управления в живых системах внешними факторами гелиогеофизической природы.

В целом полученные результаты позволяют констатировать, что при попадании человека в зону с аномальным градиентом магнитного поля у него наблюдается значимое (в 2–5 раз относительно фонового уровня) повышение амплитудных значений ЭЭГ для основных (α , Δ) функциональных частотных диапазонов. При этом человек не испытывает никаких субъективных ощущений. При выходе из аномальной зоны показатели через некоторое время возвращаются к исходным значениям.

Заключение

В результате настоящего пилотного исследования зарегистрирована индуцированная реакция в динамике параметров электрической активности мозга человека при непосредственном влиянии аномального градиентного магнитного поля, которая проявляется в увеличении (в 2–5 раз относительно фонового уровня) амплитудных характеристик ЭЭГ для двух функциональных частотных диапазонов: 0.3–4.0 Гц (Δ -диапазон) и 8–13 Гц (α -диапазон).

Анализ межполушарных соотношений распределения активности ЭЭГ позволяет отметить, что при нахождении в зоне с аномальным магнитным полем наблюдается более выраженная дифференцировка амплитуд относительно исходного состояния.

Благодарности

Работа выполнена в рамках программы повышения конкурентоспособности Национального исследовательского Томского государственного университета (ТГУ). Авторы выражают искреннюю благодарность и признательность профессору Б.М. Владимировскому и сотрудникам кафедры космической физики и экологии ТГУ за плодотворное и конструктивное обсуждение представленного в настоящей статье материала, а также П.Ю. Потахову и И.А. Каверину за помощь в проведении экспедиционных измерений.

Литература

- Белов Д.Р., Гетманенко О.В., Киселев Б.В. Двухфазная реакция нервной системы человека на геомагнитные бури по данным ЭЭГ // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2001. Т. 87, № 3. С. 296–313.
- Белов Д.Р., Кануников И.Е., Киселев Б.В. Зависимость пространственной синхронизации ЭЭГ человека от геомагнитной активности в день опыта // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 1998. Т. 84, № 3. С. 761–773.
- Бреус Т.К., Чибисов С.М., Баевский Р.М. Хроноструктура биоритмов сердца и факторы внешней среды. М.: Полиграф сервис, 2002.

- Владимирский Б.М.* Солнечная активность и общественная жизнь. Космическая историометрия: от первых российских космистов до наших дней. М.: Либроком, 2013. 192 с.
- Геодаков А.Р., Овсяченко А.Н., Платонова С.Г., Рогожин Е.А.* Материалы предварительного изучения сильного землетрясения 2003 г. на Горном Алтае // Электрон. науч.-инф. журн. «Вестник Отделения наук о Земле РАН». 2003. № 1 (21).
- Гнездицкий В.В.* Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография (картирование и локализация источников электрической активности мозга). М.: МЕДпресс-информ, 2004. 624 с.
- Дубров А.П.* Геомагнитное поле и жизнь: Краткий очерк по геомагнитобиологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 176 с.
- Ерофеев Л.Я.* Структура магнитного поля Дарсунского золоторудного месторождения (Забайкалье) // Изв. Томск. политехн. ин-та. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976. Т. 236, Геология. С. 24–29.
- Колесник А.Г., Колесник С.А., Побаченко С.В.* Электромагнитная экология. Томск: ТМЛ-Пресс, 2009. 336 с.
- Магниторазведка: Справ. геофизика / Под ред. В.Е. Никитского, Ю.С. Глебовского. М.: Недра, 1980. 367 с.
- Ораевский В.Н., Бреус Т.К., Баевский Р.М., Рапопорт С.И., Петров В.М., Барсукова Ж.В., Гурфинкель Ю.И., Рогоза А.Т.* Влияние геомагнитной активности на функциональное состояние организма // Биофизика. 1998. Т. 43, вып. 5. С. 819–826.
- Побаченко С.В., Колесник А.Г., Бородин А.С., Калюжин В.В.* Сопряженность параметров энцефалограммы мозга человека и электромагнитных полей шумановского резонатора по данным мониторинговых исследований // Биофизика. 2006. Т. 51, № 3. С. 534–538.
- Тимофеев В.Ю., Ардюков Д.Г., Кале Э., Дучков А.Д., Запирева Е.А., Казанцев С.А., Русбек Ф., Брюникс К.* Поля и модели смещений земной поверхности Горного Алтая // Геология и геофизика. 2006. № 47 (8). С. 923–937.
- Шитов А.В., Тужилкин Д.А., Бородин А.С., Апяткина М.Г.* Влияние физических полей активных геологических разломов на сердечно-сосудистую деятельность человека // Геофизические процессы и биосфера. 2013. Т. 12, № 3. С. 55–77.
- Bistolfi F.* Extremely low-frequency pulsed magnetic field and multiple sclerosis: effects on neurotransmission and on oral immunomodulation? Building a working hypothesis // *Neuroradiol. J.* 2007. N 20 (6). P. 676–693.
- Chernykh A.M., El'kin A.I., Pozdeev V.N.* Ecological threat for human health during the electrical and anomalous geomagnetic fields' influence: Review of the literature // *Voen. Med. Zh.* 2005. V. 326, N 6. P. 46–50.
- Dennis T.E., Rayner M.J., Walker M.M.* Evidence that pigeons orient to geomagnetic intensity during homing // *Proc. Biol. Sci.* 2007. V. 274 (1614), N 7. P. 1153–1158.
- Liboff A.R.* Why are living things sensitive to weak magnetic fields? // *Electromagn. Biol. Med.* 2013. Aug 5. 1–5. doi:10.3109/15368378.2013.809579.
- Mach Q.H., Persinger M.A.* Behavioral changes with brief exposures to weak magnetic fields patterned to stimulate long-term potentiation // *Brain Res.* 2009. V. 1261. P. 45–53.
- Walker M.M., Bitterman M.E.* Honey bees can be trained to respond to very small change in geomagnetic field intensity // *J. Experiment. Biol.* 1989. V. 145. P. 489–494.
- Wiltschko R., Schiffner I., Wiltschko W.* A strong magnetic anomaly affects pigeon navigation // *J. Experiment. Biol.* 2009. V. 212. P. 2983–2990.
- Zabroda N.N., Artemenko M.V.* Hygienic characteristics of the Kursk magnetic anomaly area and morbidity in the aboriginal population // *Gig. Sanit.* 2008. N 5. P. 35–38.

Сведения об авторах

ПОБАЧЕНКО Сергей Владимирович – кандидат биологических наук, доцент, Национальный исследовательский Томский государственный университет. 634050, г. Томск, просп. Ленина, д. 36. Тел.: +7 (3822) 413-976. E-mail: svpo@mail.ru

ШИТОВ Александр Викторович – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Горно-Алтайский государственный университет. 649000, г. Горно-Алтайск, ул. Ленина, д. 1. Тел.: +7 (38822) 279-24. E-mail: sav103@yandex.ru

ГРИГОРЬЕВ Павел Евгеньевич – доктор биологических наук, заведующий кафедрой медицинской физики и информатики, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского. 295006, г. Симферополь, просп. Академика Вернадского, д. 4. Тел.: (3652) 554-770. E-mail: MedFI@mail.ru

СОКОЛОВ Максим Васильевич – студент, Национальный исследовательский Томский государственный университет. 634050, г. Томск, просп. Ленина, д. 36. Тел.: +7 (3822) 413-976. E-mail: maxs0707074@mail.ru

ЗУБРИЛКИН Александр Иванович – аспирант, Национальный исследовательский Томский государственный университет. 634050, г. Томск, просп. Ленина, д. 36. Тел.: +7 (3822) 413-976. E-mail: zubrtomsk@gmail.com

ВЫПИРАЙЛО Денис Николаевич – магистр, Национальный исследовательский Томский государственный университет. 634050, г. Томск, просп. Ленина, д. 36. Тел.: +7 (3822) 413-976. E-mail: denis55den@mail.ru

СОЛОВЬЕВ Андрей Вениаминович – кандидат технических наук, доцент, Национальный исследовательский Томский государственный университет. 634050, г. Томск, просп. Ленина, д. 36. Тел.: +7 (3822) 413-976. E-mail: andrio@tsu.mail.ru

EEG-REACTIONS OF THE HUMAN BRAIN IN THE GRADIENT MAGNETIC FIELD ZONE OF ACTIVE GEOLOGICAL FAULT (PILOT STUDY)

**S.V. Pobachenko¹, A.V. Shitov², P.E. Grigorjev³, M.V. Sokolov¹, A.I. Zubrilkin¹,
D.N. Vypiraylo¹, A.V. Solovjev¹**

¹ National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

² Gorno-Altai State University, Gorno-Altai, Russia,

³ Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

Abstract. The results are presented of experimental studies in the dynamics of the functional state of the person within a zone of the active geological fault, which is characterized by abnormal indices of spatial distribution of the values of the magnetic field vector. It is shown that these geophysical modifications have a pronounced effect on the fluctuations of the electrical activity of the human brain. When the person gets into a zone with abnormal levels of gradient magnetic field in the absence of any subjective sensations, a non-specific activation of the orientation reaction, characterized by a significant increase in the levels of peak performance in key functional EEG frequency bands is observed.

Keywords: spatial inhomogeneity of the magnetic field of geological faults, EEG of the human brain, activation reaction.