

8. Mosunov A.A., Rybakova K.A., Rogova O.V., Evstigneev M.P. Binding polynomial in molecular self-assembly. *Phys. Rev. E*, 2014, vol. 89, pp. 062138-4.

9. Evstigneev M.P. Hetero-association of aromatic molecules in aqueous solution. *Int. Rev. Phys. Chem.*, 2014, vol. 33, pp. 229-273.

СИСТЕМНЫЕ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА НА ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ НЕОДНОРОДНОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ

Побаченко С.В.¹, Григорьев П.Е.², Соколов М.В.¹

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет
пр. Ленина, 36, г. Томск, 634050, РФ.

e-mail: svpo@mail.ru, maxs0707074@mail.ru

²Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,
Бульв. Ленина, 5/7, г. Симферополь, 295006, РФ

e-mail: grigorievpe@cfuv.ru

Аннотация. 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, при 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.

SYSTEM REACTIONS OF HUMAN ORGANISM ON SPATIAL IRREGULARITIES OF MAGNETIC FIELD IN GEOLOGICAL FAULTS

Pobachenko S.V.¹, Grigorev P.E.², Sokolov M.V.¹

¹ National Research Tomsk State University

Lenin Avenue 36, Tomsk, 634050, Russia

e-mail: svpo@mail.ru, maxs0707074@mail.ru

² Vernadsky Crimean Federal University

Lenin Boulev., 5/7, Simferopol, 295006, Russia

e-mail: grigorievpe@cfuv.ru

Abstract. The results of experimental studies of the dynamics of the functional state of the person who is within the zone of 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 faults have a pronounced effect on the fluctuations of the electrical activity of the human brain. Found that when a person gets into a zone with abnormal levels of gradient magnetic field in the absence of any subjective sensations, there is 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.

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

Введение.

Общепризнано, что магнитные поля окружающей среды являются экологическим фактором, в значительной степени определяющим оптимальное функционирование живых систем, в том числе, организма человека [1-3]. 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 [4-6]. 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 геомагнитного поля является одним из ведущих экологических факторов риска для здоровья человека [7, 8]. 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 [5, 6].

Поскольку наряду с геомагнитной аномалией и временными изменениями геомагнитного поля на здоровье населения действуют и другие факторы (погодно-климатические, 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 организма человека и различных его систем [9].

Методика исследований.

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных мониторинговых исследований, проведенных в Кош-Агачском районе в окрестности пос. Бельтир (49°58' 40" с.ш.; 88°10' 01" в.д.) с 1-го по 5-е августа 2013 года и с 28-го по 29-е июля 2014 года. 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 времени с целью введения поправки за вариации на отдельных(контрольных) точках. Охваченный микромагнитной съемкой участок представляет собой глыбу гнейсовых пород. В связи с процессами динамометаморфизма, домены магнитосодержащих минералов в этой глыбе приобрели четкую ориентацию, которая и обусловила сильноградиентные неоднородности магнитного поля в пределах глыбы (порядка десятков тысяч нТл на метр).

В измерениях комплекса психофизиологических характеристик, в первую очередь, электроэнцефалографических данных, в качестве испытуемых были задействованы три волонтера – практически здоровые мужчины.

Для съема характеристик электрической активности головного мозга использовался электроэнцефалографический комплекс «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» (см. 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 (проведенных в 2013 году) измерение параметров ЭЭГ проводилось в автономном режиме с записью данных на карту памяти регистратора при полной свободе жизнеактивности человека [10, 11]. Времена всех событий фиксировались в дневнике. Для каждого волонтера осуществлено по одной суточной записи. При этом каждый волонтер в полуденное время проходил по одному и тому же маршруту (см. рис. 1, б) от базового лагеря до места с модифицированным магнитным полем, уровни неоднородности которого представлены на рисунке 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.

В 2014 году с целью подтверждения полученных результатов 2013 года были проведены подобные исследования параметров функционального состояния с участием тех же волонтеров [12]. В рамках данной серии исследований у каждого из волонтеров производилась фоновая запись электроэнцефалограммы в течение пяти минут за пределами зоны с пространственно неоднородным магнитным полем, затем волонтер заходил в магнитоаномальную зону и находился там пятнадцать минут, после чего снова проводилась фоновая запись. Во время проведения всех серий исследований волонтеры с целью оценки общепсихофизиологического состояния проводили экспресс-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 ($Kp = 1-2$).

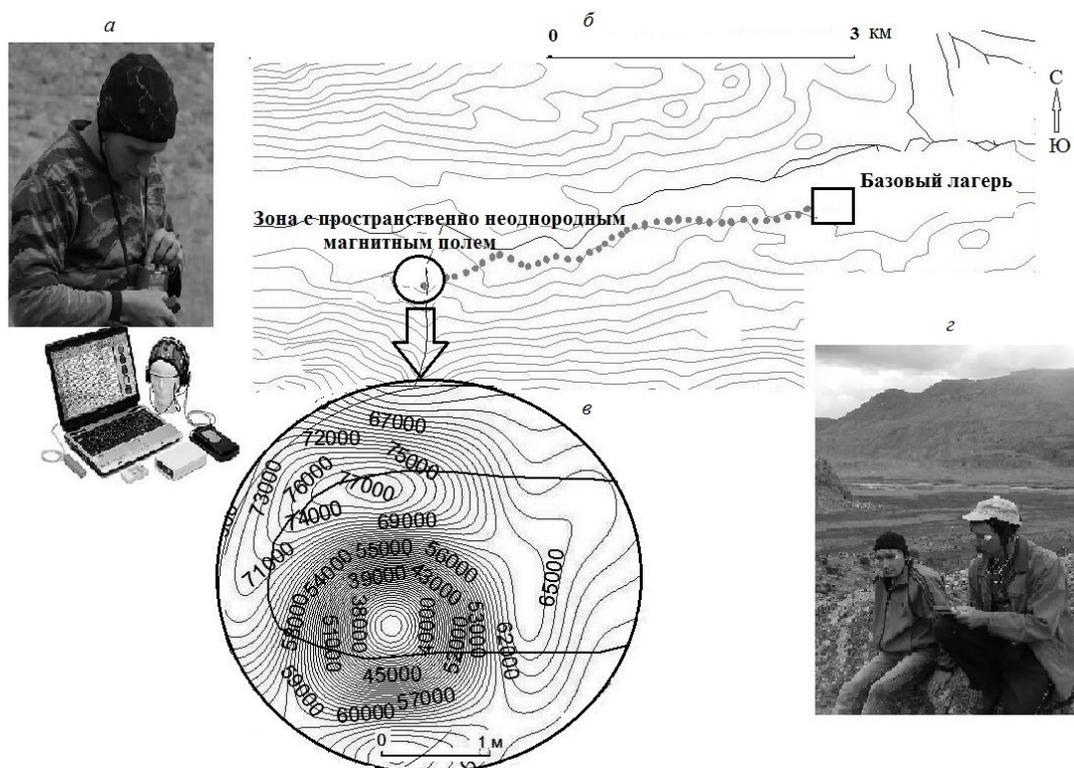


Рисунок 1 – Мониторинговые измерения электрической активности головного мозга человека в условиях естественного и повышенного электромагнитного поля. *а* – измерения в контрольной серии и в районе базового лагеря с использованием устройства «Энцефалан-ЭЭГР -19/26»; *б* – маршрут движения волонтеров при экспедиционных измерениях; *в* – увеличенное изображение зоны с фиксируемыми значениями (изолинии, нТл) пространственно неоднородного магнитного поля; *г* – измерения в зоне естественно модифицированного магнитного поля.

Результаты и их обсуждение.

Для анализа были использованы временные ряды амплитудных значений ЭЭГ, в которых выбирался интервал времени, соответствующий входу каждого из волонтеров в пределы зоны с модифицированным магнитным полем. Затем для каждого интервала, с помощью дискретного Фурье-преобразования, производился расчет абсолютных значений спектральной мощности с частотой дискретизации равной одной минуте, для диапазонов частот (0.3-4.0 Гц, 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. После чего с помощью метода наложения эпох была построена интегральная картона для всех волонтеров и всех серий исследований. Нулевая точка соответствует входу в пределы зоны с модифицированным магнитным полем.

Анализ полученных данных по динамике изменений усредненных амплитудных показателей ЭЭГ в исследуемых частотных диапазонах ЭЭГ позволяет выделить ряд принципиальных особенностей.

Распределение усредненных амплитудных показателей ЭЭГ активности в диапазоне частот 0.3-4.0 Гц (Δ -активность) (см. рис. 2) показывает, что до входа в зону магнитной аномалии распределение характеризуется относительно низким уровнем, свойственным человеку в режиме спокойного бодрствования. Затем после входа в зону с пространственно неоднородным магнитным полем фиксируется значимое увеличение усредненных амплитудных значений, при этом можно отметить тренд на увеличения значений в зависимости от времени пребывания в исследуемой зоне с выходом на насыщение на 8-ой минуте.

Аналогичная динамика амплитудных показателей ЭЭГ наблюдается в диапазоне частот 8.0–13.0 Гц (см. рис. 3). При этом также фиксируется тренд на увеличение усредненных амплитудных значений ЭЭГ в зависимости от времени нахождения волонтера в зоне с аномальным градиентом магнитного поля с выходом на насыщение на 7-ой минуте.

Отмеченные у обоих волонтеров реакции отчасти сходны с результатами реакций на магнитные бури, представленными в работах [4, 7]. 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.

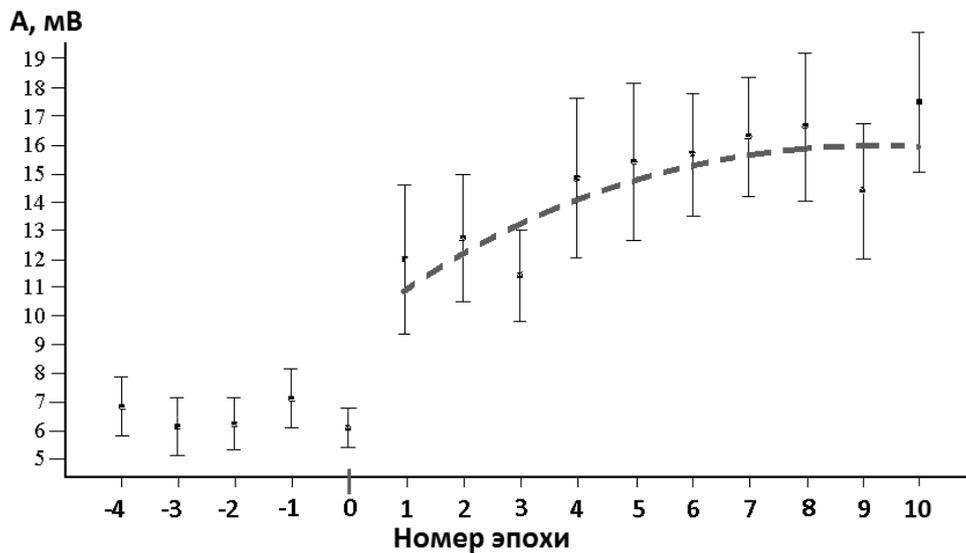


Рисунок 2 – Распределение усредненных амплитудных показателей ЭЭГ в диапазонах частот 0.3–4.0 Гц

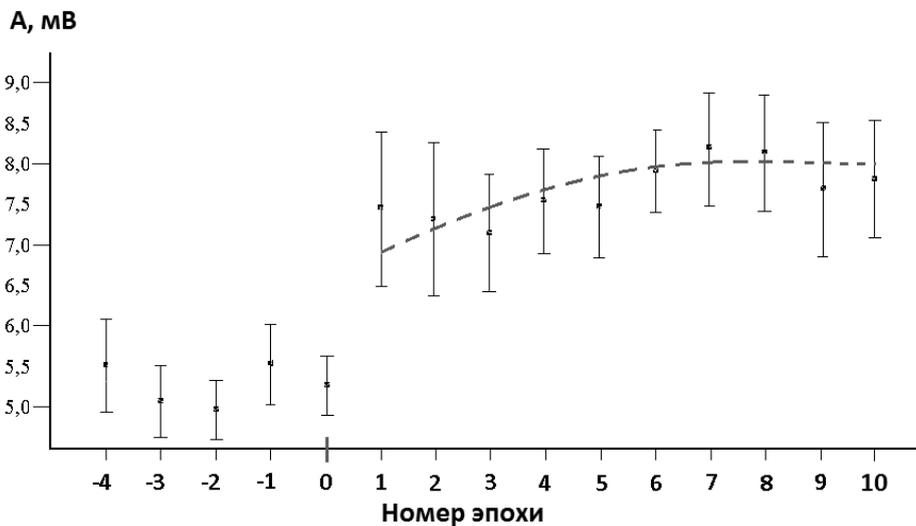


Рисунок 3 – Распределение усредненных амплитудных показателей ЭЭГ в диапазонах частот 8–13 Гц

В целом полученные результаты позволяют констатировать, что при попадании человека в зону с аномальным градиентом магнитного поля у него наблюдается значимое повышение амплитудных значений ЭЭГ для основных (α , Δ) функциональных частотных диапазонов. При этом человек не испытывает никаких субъективных ощущений.

Заключение.

В результате настоящего исследования зарегистрирована индуцированная реакция в динамике параметров электрической активности мозга человека при непосредственном влиянии аномального градиентного магнитного поля, которая проявляется в увеличении амплитудных характеристик ЭЭГ для двух функциональных частотных диапазонов, при этом фиксируется тренд на увеличение усреднённых амплитудных значений в зависимости от времени пребывания в зоне магнитной аномалии с выходом на насыщение на 7-8-ой минуте.

Благодарности.

Работа выполнена в рамках программы повышения конкурентоспособности ТГУ.

Список литературы / References:

1. Дубров А.П. *Геоманитное поле и жизнь: Краткий очерк по геоманитобиологии*, Л.: Гидрометеоздат, 1974, 176 с. [Dubrov A.P. *The geomagnetic field and the life: A brief sketch of geomagnetobiology*. L.: Gidrometeoizdat, 1974, 176 p. (In Russ.)]
2. Колесник А.Г., Колесник С.А., Побаченко С.В. *Электромагнитная экология*. Томск: ТМЛ-Пресс, 2009, 336 с. [Kolesnik A.G. Kolesnik S.A., Pobachenko S.V. *Electromagnetic environment*. Tomsk: TML - Press, 2009, 336 p. (In Russ.)]
3. Владимирский Б.М. *Солнечная активность и общественная жизнь. Космическая историометрия: от первых российских космистов до наших дней*. М.: Изд-во Либроком, 2013, 192 с. [Vladimirsky B.M. *Solar activity*

and social life. *Space istoriometriya: from the first Russian cosmists to the present day*. M.: Pub-lishing - in Librokom, 2013, 192 p. (In Russ.)]

4. Walker M.M., Bitterman M.E. Honey bees can be trained to respond to very small change in geomagnetic field intensity. *Journal of Experimental Biology*, 1989, vol. 145, pp. 489-494.

5. Dennis T.E., Rayner M.J., Walker M.M. Evidence that pigeons orient to geomagnetic intensity during homing. *Proc. Biol. Sci.*, 2007, no. 7, vol. 274 (1614), pp. 1153-1158.

6. Wiltschko R., Schiffner I., Wiltschko W. A strong magnetic anomaly affects pigeon navigation. *Journal of Experimental Biology*, 2009, vol. 212, p. 2983-2990.

7. 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, vol. 326, no. 6, pp. 46-50.

8. Zabroda N.N., Artemenko M.V. Hygienic characteristics of the Kursk magnetic anomaly area and morbidity in the aboriginal population. *Gig. Sanit.*, 2008, no. 5, pp. 35-38.

9. Mach Q.H., Persinger M.A. Behavioral changes with brief exposures to weak magnetic fields patterned to stimulate long-term potentiation. *Brain Research*, 2009, vol. 1261, pp. 45-53.

10. Побаченко С.В., Шитов А.В., Григорьев П.Е. [и др.] ЭЭГ-реакции мозга человека в градиентном магнитном поле зоны активного геологического разлома (пилотное исследование). *Геофизические процессы и биосфера*, 2015, т. 14, № 4, с. 68-79. [Pobachenko S.V., Shitov A.V., Grigoriev P.E., [et al.] EEG-reactions of the human brain in the gradient magnetic field zone of active geological fault (pilot study). *Geophysical processes and the Biosphere*, 2015, vol. 14, no. 4, p. 68-79 (In Russ.)]

11. Pobachenko S.V., Grigoriev P.E., Sokolov M.V. [et al.] The influence of natural magnetic field inhomogeneity areas of active geological fault on the dynamics of functional state of human brain. *Proc. SPIE 9680, 21st International Symposium Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics*. November 19, 2015, 96805O, doi: 10.1117/12.2205284.

12. Побаченко С.В., Шитов А.В., Григорьев П.Е., Соколов М.В. Особенности влияния пространственно неоднородных магнитных полей естественного происхождения на характеристики электрической активности мозга человека. *Известия высших учебных заведений. Физика*, 2015, т. 58, № 8/3, с. 279-282. [Pobachenko S.V., Shitov A.V., Grigoriev P.E., Sokolov M.V. features of influence of spatially inhomogeneous magnetic fields of natural origin on the characteristics of the electrical activity of the human brain. *Proceedings of the higher educational institutions. Physics*, 2015, vol. 58, no. 8/3, pp. 279-282. (In Russ.)]