

УДК 57.045, 612.821

УМСТВЕННАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА У СТУДЕНТОК МЛАДШИХ КУРСОВ ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

М.В. Яценко*, Н.З. Кайгородова

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

Эл. почта: e.yatsenko@mail.ru

Статья поступила в редакцию 20.02.2018; принята к печати 13.04.2018

Общее мнение о зависимости умственной работоспособности от солнечной активности подтверждается многочисленными наблюдениями, но исследования по оценке этой зависимости с использованием объективных тестов в применении к обычным здоровым людям остаются немногочисленными. В настоящей работе способность к обработке текста в сопоставлении с данными электроэнцефалографии при разных уровнях солнечной активности, оцениваемой по числу солнечных пятен, проверены у здоровых молодых женщин. Более высокие показатели объема и скорости переработки информации совпадали с относительно высокими значениями солнечной активности. При этом происходило повышение частоты дельта-ритма и индекса бета-ритма, а также снижение амплитуды и мощности в дельта-диапазоне ЭЭГ, что указывает на ослабление тормозных процессов в ЦНС.

Ключевые слова: солнечная активность, умственная работоспособность, функциональное состояние, ритмы ЭЭГ.

MENTAL PERFORMANCE AND FUNCTIONAL CONDITIONS OF THE BRAIN IN YOUNG FEMALE COLLEGE STUDENTS AT DIFFERENT LEVELS OF SOLAR ACTIVITY

M.V. Yatsenko*, N.Z. Kaygorodova

Altay State University, Barnaul, Russia

E-mail: e.yatsenko@mail.ru

The common opinion that mental performance is influenced by solar activity is consistent with numerous observations; however, still insufficient are assessments of this influence using objective tests applied to healthy adults. In the present work, the ability to process printed characters and electroencephalographic parameters were studied in healthy young females. Higher volumes and rates of character processing were found to coincide with higher levels of solar activity assessed by sunspot number and were associated with increased delta-rhythm frequencies and beta-rhythm indices and with decreased delta-rhythm amplitude and power, which is indicative of attenuation of inhibitory processes in the brain.

Keywords: solar activity, mental performance, functional conditions, EEG.

Введение

В настоящее время в структуре человеческой деятельности возросла роль умственного труда. Поэтому актуальным является исследование факторов, влияющих на его эффективность, что имеет значение для понимания механизмов обеспечения высокой производительности труда в разнообразных сферах человеческой де-

ятельности – от обучения до профессиональной деятельности – и позволяет найти пути повышения результативности умственной деятельности.

Известно, что умственная работоспособность может определяться рядом как эндогенных, так и экзогенных факторов, например, полом [22, 25], возрастом, функциональным состоянием

организма [1], индивидуальными особенностями организма [11], временем суток, сезоном, метеофакторами [3].

Особое значение в эволюции жизни, развитии организмов и их функционировании принадлежит физическим факторам биосферы Земли, которые зависят от динамики космических процессов. Известно, что в каждый данный момент космогеофизическая обстановка определяется активностью Солнца, взаимным расположением планет, фазами Луны, положением Земли в межпланетном магнитном поле, галактическим космическим излучением [6, 20]. Это, в свою очередь, определяет параметры магнитных и гравитационных полей, интенсивность электромагнитных и корпускулярных потоков, электрические свойства биосферы, погодные условия на земле. Сдвиги параметров физических полей в биосфере земли могут менять функционирование организмов, влияя на физикохимические свойства молекул организма, в частности, через явление ядерного магнитного резонанса, активность ферментов, скорость биохимических реакций, структуру и транспортные свойства клеточных мембран, активность электро- и хемоуправляемых ионных каналов, экспрессию генов и клеточных рецепторов, возбудимость нейронов и т. д. Эти изменения могут влиять на работоспособность организмов [6, 8].

Совокупность явлений, периодически возникающих в солнечной атмосфере, называют солнечной активностью. Проявления солнечной активности тесно связаны с магнитными свойствами солнечной плазмы. Человек как часть биосферы планеты испытывает на себе влияние Солнца в той же мере, что и остальной природный мир. В ряде исследований показано, что активность Солнца накладывает отпечаток даже на развитие морфофункциональных особенностей людей [13, 17].

Текущая солнечная активность также может оказывать влияние на самочувствие человека и его работоспособность. Так, нахождение человека в камере, где напряженность магнитного поля составляла 10^{-5} от величины напряженности геомагнитного поля, приводило к изменениям психической деятельности, появлению необычных образов и нестандартных идей [8, 15, 16, 19].

Большинство работ, посвященных адаптации организма человека к естественным полям, касаются двух крайних случаев: либо проявление периодики солнечной активности изучается в результатах медицинской статистики и стати-

стики катастроф, либо рассматривается влияние внешних полей на очень здоровых людей, таких как космонавты и спортсмены [2, 4].

Основная масса работоспособного населения, представленная функционально здоровыми людьми, научными исследованиями не охвачена. Поэтому степень и общность влияния вариаций солнечной активности на работоспособное большинство общества, в том числе на учащихся, а также зависимость такого влияния от солнечной активности до сих пор практически не рассматривались.

Вместе с тем выявлено, что вспышки на Солнце и следующие за ними изменения в спектре естественных сверхнизкочастотных электромагнитных полей и космических лучей, а также во флуктуациях атмосферного давления, вызывают устойчивую и воспроизводимую реакцию человека как на уровне функционирования отдельных систем (вегетативная нервная система, внутренние органы, сердечная деятельность), так и организма в целом [9, 14–17, 19].

Актуальность и недостаточная теоретическая и экспериментальная проработка проблемы зависимости умственной работоспособности от солнечной активности послужили предпосылкой для проведения настоящего исследования.

Цель работы – оценка особенностей умственной работоспособности студентов и функционального состояния мозга при разных уровнях солнечной активности.

Объекты и методы исследования

В исследовании добровольно приняло участие 13 здоровых испытуемых – студентки в возрасте 19–20 лет. Замеры проводились на одних и тех же студентках в разные дни, отличающиеся уровнем солнечной активности в первую половину дня.

Уровень солнечной активности оценивался по числу солнечных пятен (Solar-Geophysical Data Reports: <https://www.ngdc.noaa.gov/stp/solar/sgd.html>).

В начале проводили запись ЭЭГ, затем студенты выполняли корректурную пробу в течение двух минут.

В работе были использованы следующие методы.

1. Оценка умственной работоспособности с помощью буквенных таблиц Бурдона-Анфимова [18]. Рассчитывались следующие показатели:

– объем обработанной информации (V – число просмотренных букв);

– скорость обработки информации (S – число просмотренных букв за одну минуту);

– точность: число исправлений/(число исправлений и ошибок)

Продолжительность корректурной пробы составляла 2 минуты, при этом показатель объема определялся за все время проведения пробы, а показатель скорости – только за вторую минуту, чтобы исключить влияние эффекта вратывания на результат.

2. Запись электроэнцефалограмм (ЭЭГ) проводили с помощью прибора «Энцефалан 131-03» в модификации 10 («Медиком», Россия), на 21 отведении, монополярно, по международной системе 10–20, в положении сидя, в состоянии спокойного бодрствования при открытых и закрытых глазах. Референтные электроды крепились к мочкам ушей.

Для дифференциации артефактов ЭЭГ одновременно проводили регистрацию вертикальной и горизонтальной электроокулограмм, электрокардиограммы и электромиограммы.

Регистрировали четыре основных диапазона составляющих ЭЭГ: дельта – 0,3–4 Гц, тета – 4–8, альфа – 8–13, бета – 13–30 Гц, при этом показатели дельта-, тета- и бета-ритмов определялись в пробе с открытыми глазами, а показатели альфа-ритма – с закрытыми глазами. Длительность анализируемых участков ЭЭГ составляла 15–20 секунд. Используя программное обеспечение прибора по всем каналам в диапазоне от 0,3 до 30 Гц, определяли следующие характеристики электроэнцефалограммы:

- абсолютные значения амплитуд по выбранным частотным диапазонам (мкВ);
- абсолютные значения мощностей – площадь под соответствующим участком спектрограммы по выбранным частотным диапазонам (мкВ²/Гц);
- значения доминирующих частот по выбранным частотным диапазонам – частоты, соответ-

ствующие максимуму на участке спектрограммы (Гц);

– индексы альфа-, бета-, дельта- и тета-ритмов отражают выраженность данных частотных компонентов в ЭЭГ.

Математическая обработка результатов проводилась с помощью пакета программ SSPS v.13.

Результаты

В данной работе была проведена сравнительная оценка функционального состояния нервной системы по показателям биоэлектрической активности головного мозга и умственной работоспособности при уровнях солнечной активности, соответствующих наличию 57, 71 и 129 солнечных пятен.

Наиболее значимые различия функционального состояния мозга проявились в таких ЭЭГ характеристиках, как амплитуда, частота и мощность дельта-ритма и индекс бета-ритма.

Как можно видеть из табл. 1, при высоком уровне солнечной активности (129 солнечных пятен) ЭЭГ обследуемых характеризовалась низкой амплитудой и мощностью и высокой частотой дельта-ритма, а также высоким значением индекса бета-ритма.

Бета-ритм – ритм ЭЭГ, присущий состоянию активного бодрствования. Известно, что выраженность бета-ритма возрастает при предъявлении нового неожиданного стимула, в ситуации внимания, при умственном напряжении, эмоциональном возбуждении, он характерен для стадии быстрого сна или при решении сложных вербальных задач [24].

Дельта-ритм, вероятно, связан с медленными процессами в пределах коры головного мозга [10]. Данные по дельта-ритму свидетельствуют о слабой выраженности процессов торможения

Табл. 1

ЭЭГ-характеристики испытуемых при различных уровнях солнечной активности

Число солнечных пятен	Амплитуда дельта-ритма, мкВ/Гц	Частота дельта-ритма, Гц	Мощность дельта-ритма, мкВ ² /Гц	Индекс бета-ритма, %
51	4,02 ± 0,73*	1,49 ± 0,21	59,17 ± 17,58*	25,78 ± 4,05
79	3,36 ± 0,56	1,42 ± 0,16*	39,92 ± 10,30*	24,83 ± 3,99*
129	2,36 ± 0,49*	1,99 ± 0,40*	24,95 ± 3,78*	34,42 ± 5,33*

Примечание: * – различия достоверны при $p < 0,05$ относительно выделенных значений; $M \pm m$.

и большей – процессов активации коры у испытуемых в условиях относительно более высокой солнечной активности.

При низком значении солнечной активности (51 пятно) наблюдалось доминирование медленноволновой дельта-активности (табл. 1), что свидетельствует о выраженности процессов торможения.

Таким образом, при относительно высокой солнечной активности функциональное состояние обследуемых характеризовалось более выраженными процессами активации головного мозга, при низкой – процессами торможения.

Сравнение показателей умственной работоспособности на фоне разного уровня солнечной активности выявило значимые различия объема и скорости переработки информации (табл. 2).

Как можно видеть, высокие значения исследованных характеристик умственной работоспособности (табл. 2) совпадали с более высокой (129 солнечных пятен) солнечной активностью. Низкий уровень умственной работоспособности приходился на дни с низкой солнечной активностью (51 солнечное пятно).

При активности Солнца на уровне 129 солнечных пятен функциональное состояние мозга обследуемых характеризовалось более выраженными процессами активации, при низкой – процессами торможения. Это, вероятно, и обусловило различия в умственной работоспособности.

Обсуждение

Электромагнитный фон – компонент внешней среды. За время существования человек как биологический вид неизбежно должен был подстроиться под естественные вариации магнитного и электрического полей земли. Механизм такой подстройки пока не ясен, но некоторые авторы [5, 20] придерживаются мнения, что организм человека может отслеживать изменения геомагнитной обстановки для синхронизации

ритмики внутренних и внешних процессов, в том числе геомагнитных вариаций.

Возможный геофизический механизм влияния солнечной активности на организм человека был предложен Б.М. Владимирским [5]. В этой концепции организм человека рассматривается как автоколебательная система, на которую действуют факторы геофизической природы.

В контексте результатов, полученных в нашей работе, интересна модель механизма влияния солнечной активности на центральную нервную систему человека, предложенная Г.А. Михайловой [12]. В этой модели организм человека рассматривается как элемент двух связанных колебательных систем «человек–среда обитания» с дискретными резонансными частотами. Состояние среды обитания оказывается зависимым от солнечной активности через изменение параметров нижней ионосферы, которые определяют изменение шумановских резонансов [22]. Можно предположить, что вариации частот шумановских резонансов в результате взаимодействия двух систем способны приводить к вариациям частот биоэлектрической активности мозга, что в свою очередь отражается на состоянии нервной системы и, в конечном итоге, на умственной работоспособности.

Заключение

Полученные данные свидетельствуют о том, что уровень солнечной активности влияет как на функциональное состояние мозга студентов, так и на результаты их умственной деятельности. Более высокие значения ($p < 0,05$) объема и скорости работы совпадали с высокой (129 солнечных пятен) солнечной активностью на фоне более выраженных процессов активации нервной системы. Более низкая работоспособность обнаружена при более низком уровне активности Солнца (51 пятно), которое сопровождалось превалированием процессов торможения.

Табл. 2

Показатели умственной работоспособности испытуемых при различных уровнях солнечной активности

Число солнечных пятен	51	79	129
Объем работы (число знаков, $M \pm m$)	639,75 ± 62,06*	747,92 ± 71,58*	828,79 ± 84,60*
Скорость работы (знаков/мин, $M \pm m$)	320,36 ± 40,50*	362,42 ± 37,49*	414,63 ± 53,90*

Примечание: * – различия достоверны при $p < 0,05$.

Литература

Список русскоязычной литературы

1. Алексеева МВ, Балиоз НВ, Муравлева КБ, Сапина ЕВ, Базанова ОМ. Использование тренинга произвольного увеличения мощности ЭЭГ в индивидуальном высокочастотном альфа-диапазоне для улучшения когнитивной деятельности. Физиология человека. 2012;(1):51-60.
2. Андропова ТН, Деряпа НР, Соломатин АП. Гелиометеотропные реакции здорового и больного человека. Л.: Медицина; 1982.
3. Будук-оол ЛК, Айзман РИ, Красильникова ВА. Динамика процессов адаптации к обучению студентов, проживающих в дискомфортном климато-географическом регионе. Физиология человека. 2009;(4):103-9.
4. Вишневский ВВ, Рагульская МВ, Файнзильберг ЛС. Влияние солнечной активности на морфологические параметры ЭКГ сердца здорового человека. Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2003;(3):3-12.
5. Владимирский БМ, Сидякин ВГ, Темурьянц НА, Макеев ВБ, Самохвалов ВП. Космос и биологические ритмы. Симферополь: Изд-во Симферопольского ун-та, 1995.
6. Дубров АП. Симметрия биоритмов и реактивности. М.: Медицина, 1987.
7. Казначеев ВП, Михайлова ЛП. Биоинформационные функции естественных электромагнитных полей. Новосибирск: Наука; 1985.
8. Кайгородова НЗ, Сысолина НВ. Половые особенности взаимосвязи умственной работоспособности и солнечной активности. Естественные и технические науки. 2009;(4):104-6.
9. Карелин АО, Гедерим ВВ, Соколовский ВВ, Шаповалов СН. О влиянии космогеофизических и метеорологических факторов на показатели неспецифической резистентности организма. Гигиена и санитария. 2008;(1):29-30.
10. Кропотов ЮД. Количественная ЭЭГ, вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия. Донецк: Издатель Заславский АЮ, 2010.
11. Литвинова НА. Роль индивидуальных психофизиологических особенностей студентов в адаптации к умственной и мышечной деятельности. Кемерово: КГУ; 2012.
12. Михайлова ГА. Возможный биофизический механизм влияния солнечной активности на центральную нервную деятельность человека. В кн.: Материалы VII междисциплинарной конференции по биологической психиатрии «Стресс и поведение». М., 2003. URL: <http://arc.iki.rssi.ru/puschino/abs.doc>.
13. Никитюк БА, Корнетов НА. Интегративная биомедицинская антропология. Томск: ТГУ; 1998.
14. Обридко ВН, Рагульская МВ, Хабарова ОВ и др. Реакция человеческого организма на факторы, связанные с изменениями солнечной активности. Биофизика. 2001;(5):940-5.
15. Рагульская МВ, Хабарова ОВ. Влияние солнечных возмущений на человеческий организм. Биомедицинская радиоэлектроника. 2001;(2):5-15.
16. Рагульская МВ. Синергетические аспекты поведения биологических систем при воздействии внешних полей. Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2005;(1-2):57-68.
17. Семененя ИН. Роль космогеофизических факторов в формировании конституциональных особенностей развивающихся организмов. Весці НАН Беларусі Сер мед навук. 2004;(1):89-96.
18. Столяренко ЛД. Основы психологии: Практикум. Ростов н/Д: Феникс; 2006.
19. Хабарова ОВ. Влияние космофизических факторов на биосферу. Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2002;(2):25-39.
20. Чернышов ВБ, Афонина ВМ, Виноградова НВ. Влияние электромагнитных полей на биологические ритмы. В кн.: Электромагнитные поля в биосфере Т. 2. М.: Наука; 1985. С. 145-52.
21. Ядрищенская ТВ. Корреляционные отношения и гендерные особенности характеристик внимания. Ученые записки ЗабГУ. 2015;(1):155-60.

Общий список литературы/Reference List

1. Alekseyeva MV, Balioz NV, Muravleva KB, Sapina EV, Bazanova OM. [Using training of the ability to arbitrarily increase EEG power in individual high-frequency alpha range for

- improving cognitive performance]. *Fiziologiya Cheloveka*. 2012;(1):51-60. (In Russ.)
2. Andronova TN, Deriapa NR, Solomatin AP. *Geliometeotropnye Reaktsii Zdorovogo i Bolnogo Cheloveka*. [Helio meteorotropic Reactions in Healthy and Sick Persons]. Leningrad: Meditsyna; 1982. (In Russ.)
 3. Buduk-ool LK, Ayzman RI, Krasilnikova VA. [Dynamics of processes of adaptation to training in students living in an uncomfortable climatic and geographical region]. *Fiziologiya Cheloveka*. 2009;(4):103-9. (In Russ.)
 4. Vishnevskiy VV, Ragulskaya MV, Faynzilberg LS. [Effects of solar activity on morphological parameters of ECG in healthy persons]. *Biomeditsinskiye Tekhnologii i Radioelektronika*. 2003;(3):3-12. (In Russ.)
 5. Vladimirovskiy BM, Sidiakin VG, Temuryants NA, Makeyev VB, Samokhvalov VP. *Kosmos i Biologicheskiye Ritmy*. [Cosmos and Biological Rhythms]. Simferopol: Izdatelstvo Simferopolskogo Universiteta; 1995. (In Russ.)
 6. Dubrov AP. *Simmetriya Bioritmov i Reaktivnosti*. [Symmetry of Biorhythms and Reactivity]. Moscow: Meditsina; 1987. (In Russ.)
 7. Kaznacheev VP, Mikhaylova LP. *Bioinformatsionnye Funktsii Yestestvennykh Elektromagnitnykh Polej*. [Bioinformation Functions of Natural Electromagnetic Fields]. Novosibirsk: Nauka; 1985. (In Russ.)
 8. Kaygorodova NZ, Sysolina NV. [Gender-specific features of relationships between mental performance and solar activity]. *Yestestvennye i Tekhnicheskiye Nauki*. 2009;(4):104-6. (In Russ.)
 9. Karelin AO, Gederim VV, Sokolovskiy VV, Shapovalov SN. [On the influence of cosmogeophysical and meteorological factors on the indices of nonspecific resistance of the organism]. *Gigiyena i Sanitariya*. 2008;(1):29-30. (In Russ.)
 10. Kropotov YuD. *Kolichestvennaya EEG, Vyzvannye Potentsialy Mozga Cheloveka i Neyroterapiya*. [Quantitative EEG, Evoked Potentials of Human Brain and Neurotherapy]. Donetsk: Izdatel Zaslavskiy AYU; 2010. (In Russ.)
 11. Litvinova NA. [The role of individual psychophysiological characteristics of students in their adaptation to mental and muscular activity]. Kemerovo: KemGU; 2012. (In Russ.)
 12. Mikhaylova GA. [Possible biophysical mechanism of the influence of solar activity on the central nervous activity in humans]. In: *Materialy VII Mezhdistsiplinarnoy Konferentsii po Biologicheskoy Psikhologii «Stress i Povedeniye»*. Moscow; 2003. URL: <http://arc.iki.rssi.ru/puschino/abs.doc>. (In Russ.)
 13. Nikitiuk BA, Kornetov NA. *Integrativnaya Biomeditsinskaya Antropologiya*. [Integrative Biomedical Anthropology]. Tomsk: TGU, 1998. (In Russ.)
 14. Obridko VN, Ragulskaya MV, Khabarova OV et al. [Responses of human body to factors associated with changes in solar activity]. *Biofizika*. 2001;(5):940-5. (In Russ.)
 15. Ragulskaya MV, Khabarova OV. [The influence of solar turbulences on human organism]. *Biomeditsinskaya Radioelektronika*. 2001;(2):5-15. (In Russ.)
 16. Ragulskaya MV. [Synergetic aspects of the behavior of biological systems under the influence of external fields]. *Biomeditsinskiye Tekhnologii i Radioelektronika*. 2005;(1-2):57-68. (In Russ.)
 17. Semenienko IN. [The role of cosmogeophysical factors in the formation of constitutional features of developing organisms]. *Vesti NAN Belarusi Ser Med Navuk*. 2004;(1):89-96. (In Russ.)
 18. Stoliarenko LD. *Osnovy Psikhologii: Praktikum*. [Foundations of Psychology: Practicum]. Rostov-on-Don: Feniks; 2006. (In Russ.)
 19. Khabarova OV. [Influences of cosmophysical factors on the biosphere]. *Biomeditsinskiye Tehnologii i Radioelektronika*. 2002;(2):25-39. (In Russ.)
 20. Chernyshov VB, Afonina VM, Vinogradova NV. [The Influence of electromagnetic fields on biological rhythms]. In: *Elektromagnitnye Polia v Biosfere. Tom 2*. Moscow: Nauka; 1985. p. 145-52. (In Russ.)
 21. Yadrishenskaya TV. [Correlational and gender-related features of attention characteristics]. *Uchonye Xapiski ZabGU*. 2015;(1):155-60. (In Russ.)
 22. Cherry NJ. Schumann resonances, a plausible biophysical mechanism for the human health effects of solar/geomagnetic activity. *Natural Hazards*. 2002;(26):279-31.
 23. Jensen O, Goel P, Kopell N, Pohja M, Hari R, Ermentrout B. On the human sensorimotor-cortex beta rhythm: Sources and modeling. *NeuroImage*. 2005;(26):347-55.
 24. Volf NV, Razumnikova OM, Tarasova IV. EEG-mapping study of sex differences during verbal creative thinking. In: *Focus on Brain Research*. N-Y, Nova Science Publ.; 2007. p. 123-41.