Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова
2021, т. 121, №1, с. 65-70
https://doi.org/10.17116/jnevro202112101165

S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry
2021, vol. 121, no 1, pp. 65-70
https://doi.org/10.17116/jnevro202112101165

# Влияние экспозиции слабого электромагнитного поля сверхнизкой частоты на структуру дневного сна

© В.Б. ДОРОХОВ, О.Н. ТКАЧЕНКО, Д.С. САХАРОВ, Г.Н. АРСЕНЬЕВ, А.О. ТАРАНОВ

ФБГУН «Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН», Москва, Россия

**Резюме**

**Цель.** Исследование влияния экспозиции слабых электромагнитных полей сверхнизкой частоты на структуру дневного сна.

**Материал и методы.** У 22 здоровых добровольцев сравнивали по контрбалансированной схеме показатели непрерывности (консолидированности) дневного сна при 40-минутной экспозиции электромагнитного поля (1 Гц/0,004 мкТл) и без воздействия (контроль). Для оценки непрерывности сна использовалась нелинейная регрессионная модель.

**Результаты и заключение.** Показано, что экспозиция слабого электромагнитного поля сверхнизкой частоты достоверно улучшала качество сна, оцениваемое по показателю непрерывности сна, а именно: наблюдалось меньше переходов от второй и более глубоких стадий сна к первой стадии и к состоянию бодрствования ($p$<0,0001). Результаты могут быть использованы для разработки нефармакологических методов коррекции сна, а также для повышения качества кратковременного сна и его положительного эффекта на самочувствие, когнитивные функции и работоспособность.

***Ключевые слова:*** *качество дневного сна, слабые электромагнитные поля сверхнизкой частоты, непрерывность сна, нелинейная регрессионная модель.*

**Информация об авторах:**
Дорохов В.Б. — https://orcid.org/0000-0003-3533-9496
Ткаченко О.Н. — https://orcid.org/0000-0002-5100-8980
Сахаров Д.С. — https://orcid.org/0000-0001-9333-586X
Арсеньев Г.Н. — https://orcid.org/0000-0003-3723-7354
Таранов А.О. — https://orcid.org/0000-0003-4905-8249
**Автор, ответственный за переписку:** Таранов Антон Олегович — e-mail: psy.msu.ru@gmail.com

**Как цитировать:**
Дорохов В.Б., Ткаченко О.Н., Сахаров Д.С., Арсеньев Г.Н., Таранов А.О. Влияние экспозиции слабого электромагнитного поля сверхнизкой частоты на структуру дневного сна. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2021;121(1):65–70. https://doi.org/10.17116/jnevro202112101165

# Effects of weak low-frequency electromagnetic field on sleep structure during daytime sleep

© V.B. DOROKHOV, O.N. TKACHENKO, D.S. SAKHAROV, G.N. ARSENYEV, A.O. TARANOV

Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Moscow, Russia

**Abstract**

**Objective.** To test the hypothesis that weak electromagnetic fields of low frequencies (0.5-26 Hz) could affect daytime sleep features and structure.

**Material and methods.** Parameters of daytime sleep continuity were compared in the study with counterbalanced control/exposition (40 min exposure to electromagnetic field at 1 Hz/0.004 μT) scheme in 22 healthy volunteers. Nonlinear regression model was used to assess daytime sleep continuity.

**Results.** Exposure to a weak electromagnetic field of ultra-low frequency significantly improved the quality of sleep, assessed by the indicator of sleep continuity, namely, there were fewer transitions from the second and deeper stages of sleep to the first stage and to the state of wakefulness ($p$<0.0001).

**Conclusion.** The results can be used to develop non-pharmacological methods of sleep correction, as well as to improve the quality of short-term sleep and its positive effect on well-being, cognitive function and working capacity.

***Keywords:*** *quality of daytime sleep, weak electromagnetic fields of ultra-low frequency, sleep continuity, nonlinear regression model.*

**Information about authors:**
Dorokhov V.B. — https://orcid.org/0000-0003-3533-9496
Tkachenko O.N. — https://orcid.org/0000-0002-5100-8980
Sakharov D.S. — https://orcid.org/0000-0001-9333-586X

Arsenyev G.N. — https://orcid.org/0000-0003-3723-7354
Taranov A.O. — https://orcid.org/0000-0003-4905-8249
**Corresponding author:** Taranov A.O. — e-mail: psy.msu.ru@gmail.com

**To cite this article:**
Dorokhov VB, Tkachenko ON, Sakharov DS, Arsenyev GN, Taranov AO. Effects of weak low-frequency electromagnetic field on sleep structure during daytime sleep. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry = Zhurnal nevrologii i psikhiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2021;121(1):65–70. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/jnevro202112101165

Нарушения сна различной степени тяжести наблюдаются у двух третей населения, и чаще всего при этом назначается фармакологическая терапия. Однако употребление фармакологических препаратов для терапии разных форм нарушений сна может приводить к привыканию или серьезным побочным эффектам, поэтому их длительное применение неприемлемо. В настоящее время ведутся поиски физиотерапевтических методов стимуляции мозга во время сна как альтернативы фармакологической терапии сна [1, 2].

Одним из эффективных нефармакологических методов воздействия на качество сна могут быть слабые электромагнитные поля сверхнизкой частоты (ЭМП СНЧ). Рядом авторов высказывается гипотеза, что ритмические процессы в живых организмах с момента зарождения жизни на Земле, наряду с освещенностью, определялись дополнительным суточным ритмом, определяемым электромагнитной составляющей гелио-геофизических факторов [3—5]. Особым преимуществом естественных ЭМП СНЧ как синхронизирующего фактора, по сравнению с освещенностью, является их всепроникающий характер. Основным источником естественных ЭМП СНЧ являются процессы в околоземном пространстве: 1) в полости Земля — ионосфера (шумановский резонанс на частотах 8, 14, 20 и 26 Гц); 2) взаимодействие магнитосферы Земли и солнечного ветра (геомагнитные вариации в диапазоне 0,05—4 Гц), так называемый альфвеновский резонанс. Весьма вероятно, что оба эти процесса могут быть дополнительным водителем циркадианного ритма. В любом случае вариации геомагнитного поля Земли являются важным экологическим фактором, в присутствии которого протекала эволюция органического мира [4, 5]. Анализ литературы показывает, что почти все биологические системы так или иначе реагируют на ЭМП СНЧ. Причем реагирует не только ЦНС, но и другие системы (сердечно-сосудистая, нейрогуморальная, иммунная и др.). Эти изменения, отличающиеся на 20—40% от уровня стационарного состояния, относят к классу адаптационно обратимых отклонений [6].

Обзор работ о магнитной чувствительности человека к ЭМП СНЧ по показателям электроэнцефалограммы (ЭЭГ) представлен в статье [7], а результаты недавней работы C. Wang и соавт. [8] позволили высказать гипотезу о природе магниточувствительности человека. Частоты естественных ЭМП СНЧ (0,5—26 ГЦ) представляют особый интерес тем, что они попадают в диапазон собственных колебаний спонтанной биоэлектрической активности мозга, в частности, с частотами, характерными для начальных и глубоких стадий сна: альфа-ритма (8—12 Гц), тета-ритма, дельта-ритма (0,5—4 Гц), и сонных веретен (12—15 Гц), и поэтому могут быть биологически значимыми. ЭМП с частотой 1Гц совпадают с частотным диапазоном дельта-ритма, характерным для глубоких стадий сна [9, 10]. В электромагнитной биологии слабыми обычно называют такие ЭМП СНЧ, величина которых сравнима со значениями геомагнитных вариаций, что существенно ниже установленного в России предельно допустимого уровня 100 мкТл для жилых и офисных помещений. Для сравнения: средняя напряженность постоянного магнитного поля Земли составляет приблизительно 50 мкТл, а амплитуда его медленных вариаций может достигать 1 мкТл. Биологические эффекты ЭМП СНЧ могут наблюдаться при очень низких значениях интенсивностей [11].

Первые результаты о позитивной экспозиции ЭМП СНЧ на ночной сон были получены в работе R. Wever в 1977 г. [12] и позднее подтверждены в других исследованиях [13, 14]. Также с практической точки зрения представляет интерес исследовать возможность воздействия ЭМП на кратковременный дневной сон, так как известно, что короткий дневной сон помогает восстановить силы, снизить негативное воздействие депривации сна и повысить работоспособность. J. Maas назвал его «энергетический сон» (ЭС) [15]. Положительное влияние такого короткого сна на здоровье, самочувствие и когнитивные функции показано многими авторами [16—18]. Оптимальная длительность ЭС составляет 10—30 мин, соответствует промежуточному состоянию между 1-й и 3-й стадиями медленного сна и характеризуется появлением сонных веретен, свойственных 2-й стадии сна. Причем показано, что короткого сна, содержащего только 1-ю стадию сна и небольшой участок 2-й стадии сна с одним сонным веретеном, недостаточно для получения положительного эффекта. Показано, что для этого требуется наличие не менее 3 мин 2-й стадии сна [19, 20]. Кроме того, оказалось, что если после 2-й стадии сна наблюдался переход к 3-й медленноволновой стадии сна, то эффект кратковременного сна на работоспособность был менее выражен, это, по-видимому, связано с инерцией сна, возникающей после эпизодов медленноволнового сна [21, 22].

Представляло интерес исследовать возможность улучшения качества дневного сна при экспозиции слабого ЭМП СНЧ, поэтому целью нашей работы было изучение воздействия слабого ЭМП с частотой 1 Гц на структуру дневного сна.

## Материал и методы

Испытуемые 22 человека (средний возраст 21,8 года, 19 женщин) были набраны из студентов московских вузов. Из числа испытуемых исключались: лица моложе 18 лет; беременные и кормящие матери; перенесшие острое респираторное заболевание в течение месяца перед экспериментом; занятые на сменной либо ночной работе; пересекавшие более двух меридианов на протяжении предыдущего месяца; имевшие нерегулярный график сна/бодрствования (более 1 ч в разбросе времени отхода ко сну и пробуждения) либо подверженные депривации сна на протяжении

недели перед экспериментом. Все испытуемые сообщили об отсутствии психических заболеваний и расстройств сна, а также хронических заболеваний, влияющих на физическую форму и функциональное состояние.

Каждый испытуемый посещал лабораторию нейробиологии сна и бодрствования Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии дважды, как минимум с недельным перерывом между двумя экспериментами. Эксперименты проводились в послеобеденное время (в 13—15 ч дня). Контрольный эксперимент и эксперимент с воздействием ЭМП частотой 1 Гц проводились в случайном порядке. Испытуемым не сообщалось, какой эксперимент является контрольным, а в каком происходит экспозиция ЭМП СНЧ.

Перед экспериментом испытуемый проходил короткое интервью и заполнял опросник Эпвортская шкала сонливости. После этого устанавливались полисомнографические электроды и испытуемый располагался на кушетке в темном звукоизолированном помещении (освещенность менее 10 люкс). По инструкции ему предлагалось подремать после дистанционного выключения света в комнате, а после пробуждающего сигнала на 50-й минуте опыта оставаться в постели и бодрствовать в течение последних 10 мин эксперимента.

В опытах с воздействием ЭМП использовали генератор ECO Sleep (сертификат соответствия ГОСТ Р 0159555 от 15.12.17) производства ООО «ЦНСиБ» Сколково, формирующий прямоугольные импульсы тока, подаваемые на плоскую катушку индуктивности, играющую роль излучателя магнитного поля. Частота ЭМП СНЧ составляла 1 Гц. На поверхности прибора напряженность магнитного поля составляла 20 мкТл, а на расстоянии 70 см, в области головы испытуемого, — менее 0,004 мкТл. Прибор располагался под кушеткой, и испытуемый не мог увидеть, включен он или выключен. Прибор включался через 10 мин после того, как экспериментатор выключал свет, и длительность непрерывной экспозиции ЭМП была 40 мин.

Полисомнограмма регистрировалась посредством 16-канального беспроводного усилителя Neuropolygraph 24 («Нейротех», Таганрог, Россия). Использовался стандартный полисомнографический монтаж: один миографический электрод, расположенный на подбородке, два электроокулографических и электрокардиографический электроды. ЭЭГ регистрировалась с отведений C4, C3, O1, O2 в соответствии с международной системой 10-20, референтные электроды располагались билатерально на сосцевидных отростках. Частота опроса составляла 500 Гц. Производились удаление сетевой наводки (50 Гц) и фильтрация сигнала в диапазоне 0,5—35 Гц. После эксперимента двумя независимыми экспертами проводилось визуальное экспертное стадирование 30-секундных эпох всей 60-минутной записи, согласно стандартным критериям Американской академии медицины сна. Эпохи подразделялись на следующие стадии: W — бодрствование, N1—N3 — соответствующие стадии медленноволнового сна, R — сон с быстрыми движениями глаз. Для каждого испытуемо-

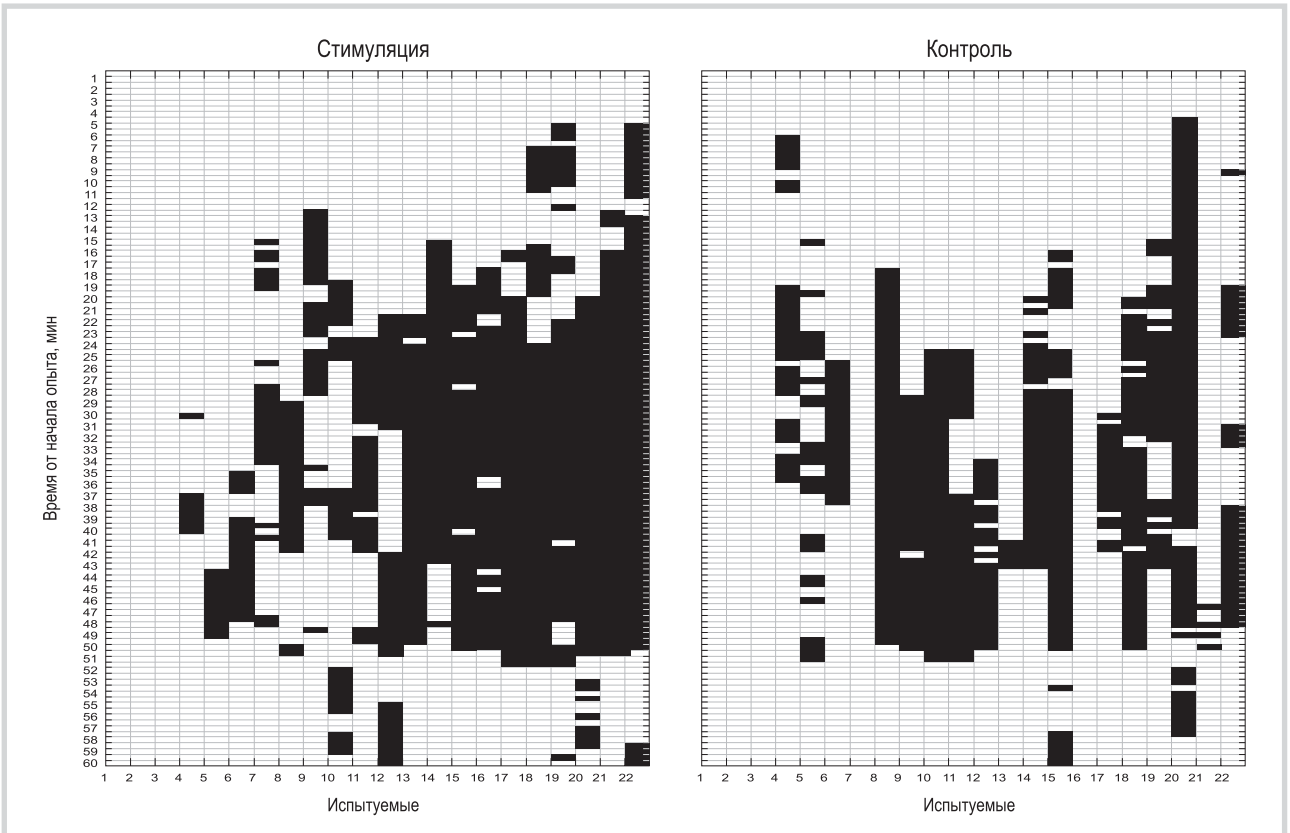



***Рис. 1.*** **Результаты стадирования сна испытуемых. Белые клетки означают бодрствование и 1-ю стадию сна, черные — 2-ю и 3-ю стадии сна.**

***Fig. 1.*** **Results of subjects' sleep staging. White cells mark wakefulness and 1st sleep stage, black cells mark 2nd and 3rd sleep stages.**

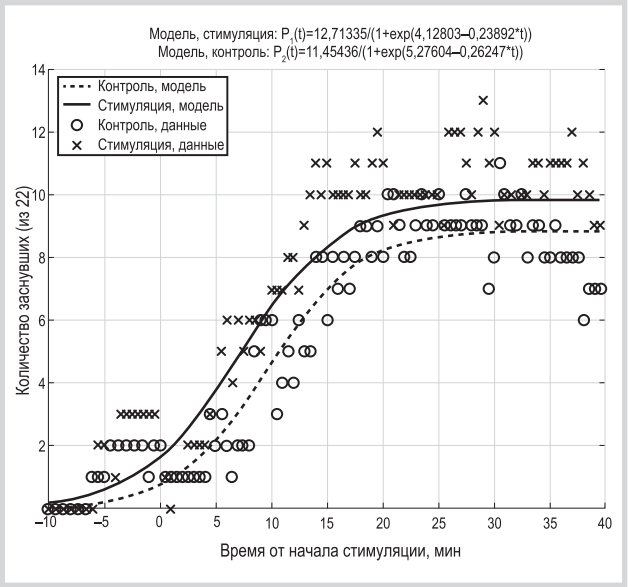



***Рис. 2.*** **Сравнение числа испытуемых, находившихся на 2-й и 3-й стадиях сна.**

***Fig. 2.*** **Number of subjects remained at 2nd or 3rd sleep stage.**

го гипнограммы сна были приведены к бинарному виду: 0 — бодрствование и первая стадия сна, 1 — вторая и более глубокие стадии сна **(рис. 1)**. На групповых графиках визуально заметны различия глубины сна в контроле и при воздействии. Для анализа данных такого рода в биологии применяют регрессионную логистическую модель [23]. В нашей работе был использован подход, описанный ранее в работе Д.Е. Шумова и соавт. [24] для анализа акустических бинауральных воздействий на дневной сон, с применением нелинейной логистической модели, определяемой уравнением Ферхюльста: P(t)=A/(1+exp(B–C*t)) (*), где P — количество заснувших испытуемых (находящихся на 2-й и 3-й стадиях сна) к моменту времени t; A — максимально возможное количество заснувших испытуемых в данных условиях опыта; C — скорость засыпания; B — уровень сонливости испытуемых в начале опыта. Для каждой 30-секундной эпохи эксперимента с 1-й по 50-ю минуту подсчитывали суммарное количество испытуемых P, находившихся на 2-й или 3-й стадиях сна (т.е. количество черных клеток в каждой строке **рис. 1**). Далее коэффициенты нелинейной регрессии A, B и C уравнения оценивали по методу наименьших квадратов Левенберга—Марквардта и вычислялась достоверность различий в контроле и при электромагнитном воздействии.

Все испытуемые были ознакомлены с протоколом эксперимента и подписали информированное согласие перед участием в нем. Протокол исследования №2/19 одобрен этическим комитетом Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии. Исследование соответствует этическим стандартам Хельсинкской декларации.

Для статистической обработки данных использован пакет StatSoft Statistica 6.0.

## Результаты

На **рис. 1** — гипнограммы дневного сна, приведенные к бинарному виду и ранжированные по увеличению доли сна в экспериментах со стимуляцией. Хорошо видно увеличение общей доли времени, проведенного испытуемыми во 2-й и 3-й стадиях сна (черные прямоугольники), в экспериментах со стимуляцией по сравнению с контролем. Однако средняя доля времени, проведенного испытуемыми в состоянии сна (2-я и 3-я стадии) в контроле — 0,26±0,05 и при стимуляции ЭМП СНЧ — 0,34±0,05, не достигала статистически значимого уровня ($p$=0,11, $t$-критерий Стьюдента для связанных выборок), что, по-видимому, связано с недостаточным количеством испытуемых. На **рис. 2** для каждой эпохи представлены численные значения количества испытуемых, находящихся во 2-й и 3-й стадиях сна, и построенные по ним регрессионные кривые. Значения коэффициентов модели нелинейной регрессии и уровни достоверности различий приведены в **таблице**. При воздействии ЭМП СНЧ по сравнению с контролем достоверно улучшалось качество сна, оцениваемое по показателю непрерывности сна, а именно: наблюдалось меньше переходов от 2-й и более

***Таблица.*** **Оценка коэффициентов регрессии уравнения Ферхюльста: P(t)=A/(1+exp(B–C*t)) — по методу наименьших квадратов Левенберга—Марквардта, для двух экспериментальных серий. Звездочкой обозначены статистически значимые различия**

***Table.*** **Estimation of regression coefficients for Verhulst equation: P(t)=A/(1+exp(B–C*t)), with the Levenberg-Marquardt least square method, for two experimental sets**

| Стимуляция | | | Контроль | | |
|---|---|---|---|---|---|
| коэффициент | *M* | *m* | коэффициент | *M* | *m* |
| A1 | 12,71335 | 0,229170 | A2 | 11,45436 | 0,219689 |
| B1 | 4,12803 | 0,360121 | B2 | 5,27604 | 0,487750 |
| C1 | 0,23892 | 0,021445 | C2 | 0,26247 | 0,024990 |
| t(A1-A2), df=96 | 3,965785112 | | P(H0: A1=A2) | 0,000140915* | |
| t(B1-B2), df=96 | 1,893506679 | | P(H0: B1=B2) | 0,061301892 | |
| t(C1-C2), df=96 | 0,715178671 | | P(H0: C1=C2) | 0,476234378 | |

*Примечание.* t(A1-A2) — разность максимального возможного количества заснувших испытуемых при стимуляции и в контроле; t(B1-B2) — разность уровня сонливости испытуемых в начале опытов при стимуляции и в контроле; t(C1-C2) — разность скорости засыпания при стимуляции и в контроле.
*Note.* t(A1-A2), t(B1-B2), t(C1-C2) — meanings of Student's $t$-test statistics for corresponding nonlinear regression model coefficients. The null hypothesis in all cases was that corresponding coefficients are equal for control and stimulation.

глубоких стадий сна к 1-й стадии и к состоянию бодрствования (интерпретация коэффициента A, $p<0,0001$). Несколько различается оцененная по модели сонливость испытуемых на момент начала опыта (коэффициент B, $p=0,06$), однако различия недостоверны и, скорее всего, связаны со случайными колебаниями в малой выборке (см. разброс экспериментальных точек в первые 10 мин эксперимента). Коэффициент C, отражающий скорость перехода от бодрствования ко сну, практически не меняется ($p=0,48$). Таким образом, по результатам моделирования в эксперименте со стимуляцией во 2-й и 3-й стадиях сна в среднем пребывали приблизительно 13 человек из 22 (а в контрольном эксперименте — 11 человек). С 20-й по 30-ю минуты опыта различия в числе спящих еще заметнее (в среднем 12 спящих в контроле и 15 спящих при стимуляции).

## Заключение

Нами был применен метод анализа гипнограмм с использованием нелинейной регрессионной модели, позволяющий оценить непрерывность дневного сна [24, 25]. Было показано, что при воздействии ЭМП СНЧ по сравнению с контролем достоверно улучшалось качество сна, оцениваемое по показателю непрерывности сна, а именно: наблюдалось меньше переходов от 2-й и более глубоких стадий сна к 1-й стадии и к состоянию бодрствования. Этот показатель также можно определить как консолидированность сна. В ряде работ показано, что оценка показателей непрерывности и стабильности сна хорошо коррелирует с показателями качества сна и освежающим эффектом сна, оцениваемым другими методами [26, 27]. В нашей предыдущей статье [28] для анализа этих же экспериментальных данных был использован другой математический аппарат и было показано достоверное увеличение длительности 2-й стадии сна без особых изменений в 1-й и 3-й стадиях сна. Таким образом, применение двух независимых методов анализа дневного сна показало наличие положительных эффектов на качество дневного сна при воздействии слабого ЭМП с частотой 1 Гц и интенсивностью 0,004 μT. Полученный результат может быть использован для повышения качества короткого сна и его положительного эффекта на самочувствие, когнитивные функции и работоспособность. Для подтверждения полученных результатов планируется дальнейшее исследование на большем количестве испытуемых с экспозицией ЭМП СНЧ в более широком диапазоне частот (1—20 Гц).

*Исследование частично поддержано грантом РФФИ (№20-013-00603а) и средствами государственного бюджета по госзаданию (№АААА-А17-117092040002-6).*

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**
**The authors declare no conflicts of interest.**

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Индурский П.А., Маркелов В.В., Шахнарович В.М., Дорохов В.Б. Низкочастотная электрокожная стимуляция кисти руки во время медленноволновой стадии ночного сна: физиологические и терапевтические эффекты. *Физиология человека*. 2013;39(6):91–105.
Indursky PA, Markelov VV, Shakhnarovich VM, Dorokhov VB. Low-frequency rhythmic electrocutaneousstimulation during slow-wave sleep: Physiological and therapeutic effects. *Hum Physiol*. 2013;39(6):642–654. (In Russ.).
https://doi.org/10.1134/S0362119713060054
2. Shumov DE, Yakovenko IA, Dorokhov VB, et al. Napping between Scylla and Charybdis of N1 and N3: latency to N2 in a brief afternoon nap can be reduced by binaural beating. *Biol Rhythm Res*. 2021;52(2): 227–236.
https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1587839
3. Холодов Ю.А. *Мозг в электромагнитных полях*. М.: Наука; 1982.
Kholodov Yu.A. *Mozg v elektromagnitnykh polyakh*. Moscow: Nauka; 1982. (In Russ.).
4. Пресман А.С. *Электромагнитные поля и живая природа*. М.: Наука; 1968.
Presman A.S. *Elektromagnitnye polya i zhivaya priroda*. Moscow: Nauka; 1968. (In Russ.).
5. Бреус Т.К., Бинги В.Н., Петрукович А.А. Магнитный фактор солнечно-земных связей и его влияние на человека: физические проблемы и перспективы. *Успехи физических наук*. 2016;186(5):568–576.
Breus TK, Bingi VN, Petrukovich AA. Magnetic factor of the solar terrestrial relations and its impact on the human body: physical problems and prospects for research. *o Physics – Uspekhi*. 2016;59:502–510. (In Russ.).
https://doi.org/10.3367/UFNe.2015.12.037693
6. Кудряшов Ю.Б., Рубин А.Б. Радиационная биофизика: сверхнизкочастотные электромагнитные излучения: учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Физматлит; 2014. 216 с.
Kudryashov YuB, Rubin AB. Radiatsionnaya biofizika: sverkhnizkochastotnye elektromagnitnye izlucheniya: uchebnik dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedenii. Moscow: Fizmatlit; 2014. 216 p. (In Russ.).
ISBN: 978-5-9221-1565-0
7. Carrubba S, Marino AA. The effects of low-frequency environmental strength electromagnetic fields on brain electrical activity: a critical review of the literature. *Electromagn Biol Med*. 2008;27:83–101.
https://doi.org/10.1080/15368370902918912
8. Wang CX, Hilburn IA, Wu DA, et al. Transduction of the Geomagnetic Field as Evidenced from alpha-Band Activity in the Human Brain. *eNeuro*. 2019;6(2): ENEURO.0483-18.2019.
https://doi.org/10.1523/eneuro.0483-18.2019
9. Saroka KS, Vares DE, Persinger MA. Similar Spectral Power Densities Within the Schumann Resonance and a Large population of Quantitative Electroencephalographic Profiles: Supportive Evidence for Koenig and Pobachenko. *Plos One*. 2016; 11(1):e0146595.
https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146595
10. Хабарова О.В. Биоэффективные частоты и их связь с собственными частотами живых организмов. *Биомедицинские технологии и радиоэлектроника*. 2002;(5):56–66.
Khabarova OV. Bioeffective frequencies and their relationship with the natural frequencies of living organisms. *Journal Biomedical Radioelectronics*. 2002;(5):56–66. (In Russ.).
11. Elhalel G, Price C, Fixler D, Shainberg A. Cardioprotection from stress conditions by weak magnetic fields in the Schumann Resonance band. *Sci Rep*. 2019;9(1):1645.
https://doi.org/10.1038/s41598-018-36341-z
12. Wever R. Effects of low-level, low-frequency fields on human circadian rhythms. *Neurosci Res Program Bull*. 1977;15(1):39–45.
13. Fischer G, Kokoschinegg PJ. The treatment of sleep disturbances and meteorosensitivity by pulsed magnetic fields of low intensity. *Bioelectr*. 1990;9(2):243.
14. Pelka RB, Jaenicke C, Gruenwald J. Impulse magnetic-field therapy for insomnia: a double-blind, placebo-controlled study. *Adv Ther*. 2001;18(4):174–180.
https://doi.org/10.1007/bf02850111
15. Maas JB. *Miracle Sleep Cure: The Key to a Long Life of Peak London*. Thorsons; 1998.
ISBN-13: 978-0722536445

16. Blanchfield AW, Lewis-Jones TM, Wignall JR, et al. The influence of an afternoon nap on the endurance performance of trained runners. *Eur J Sport Sci*. 2018;18:1177–1184. https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1477180
17. Waterhouse J, Atkinson G, Edwards B, Reilly T. The role of a short post-lunch nap in improving cognitive, motor, and sprint performance in participants with partial sleep deprivation. *J Sports Sci*. 2007;25:1557–1566. https://doi.org/10.1080/02640410701244983
18. Takahashi M, Nakata A, Haratani T, et al. Post-lunch nap as a worksite intervention to promote alertness on the job. *Ergonomics*. 2004;47:1003–1013. https://doi.org/10.1080/00140130410001686320
19. Hayashi M, Motoyoshi N, Hori T. Recuperative power of a short daytime nap with or without stage 2 sleep. *Sleep*. 2005;28(7):829–836. https://doi.org/10.1093/sleep/28.7.829
20. Tietzel AJ, Lack LC. The recuperative value of brief and ultra-brief naps on alertness and cognitive performance. *J Sleep Res*. 2002;11(3):213–218. https://doi.org/10.1046/j.1365-2869.2002.00299.x
21. Brooks A, Lack L. A brief afternoon nap following nocturnal sleep restriction: which nap duration is most recuperative? *Sleep*. 2006;29(6):831–840. https://doi.org/10.1093/sleep/29.6.831
22. Signal TL, van Den Berg MJ, Mulrine HM, Gander PH. Duration of sleep inertia after napping during simulated night work and in extended operations. *Chronobiol Int*. 2012;29:769–779. https://doi.org/10.3109/07420528.2012.686547
23. Anderson GS, Miller NP. Alternative analysis of sleep-awakening data. *Noise Control Engineering Journal*. 2007;55(2):224–245. https://doi.org/10.3397/1.2711617
24. Шумов Д.Е., Яковенко И.А., Алипов Н.Н., и др. Влияние музыки, содержащей бинауральные биения, на динамику дневного засыпания. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2020;120(2):39–44. Shumov DE, Yakovenko IA, Alipov NN, et al. The effect of music containing binaural beats on the dynamics of falling asleep during the day. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry = Zhurnal nevrologii i psikhiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2020;120(2):39–44. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/jnevro202012002139
25. Norman RG, Scott MA, Ayappa I, et al. Sleep continuity measured by survival curve analysis. *Sleep*. 2006;29(12):1625–1631. https://doi.org/10.1093/sleep/29.12.1625
26. Conte F, Cerasuolo M, Fusco G, et al. Sleep continuity, stability and organization in good and bad sleepers. *J Health Psychol*. 2020;1359105320903098. https://doi.org/10.1177/1359105320903098
27. Libman E, Fichten C, Creti L, et al. Refreshing sleep and sleep continuity determine perceived sleep quality. *Sleep Disord*. 2016 ;2016:7170610. https://doi.org/10.1155/2016/7170610
28. Dorokhov VB, Taranov AI, Narbut AM, et al. Effects of exposure to a weak extremely low frequency electromagnetic field on daytime sleep architecture and length. *Sleep Med Res*. 2019;10(2):97–102. https://doi.org/10.17241/smr.2019.00486

Поступила 25.03.2020
Received 25.03.2020
Принята к печати 30.03.2020
Accepted 30.03.2020