

DOI: 10.31862/2500-2965-2018-2-61-82

И.С. Блохин^{*,}, Г.Н. Арсеньев^{***}, В.Б. Дорохов^{**,**}**

^{*} Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН,
119991 г. Москва, Российская Федерация

^{**} ООО «Нейротехнологии сна и бодрствования»,
117485 г. Москва, Российская Федерация

^{***} Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН,
117485 г. Москва, Российская Федерация

Улучшение качества ночного сна, оцениваемое по субъективным показателям, при дистантном воздействии слабыми электромагнитными полями сверхнизкой частоты¹

Периодические вариации слабых естественных электромагнитных полей сверхнизкой частоты, наряду с освещенностью, могут быть датчиками времени для циркадианных ритмов. Представляется перспективным для коррекции нарушений сна и циркадианной ритмики использование нефармакологического, дистантного физиотерапевтического воздействия слабыми электромагнитными полями сверхнизкой частоты.

Задачей исследования была оценка воздействия слабых электромагнитных полей сверхнизкой частоты разной частоты на различные характеристики ночного сна, оцениваемые с помощью опросников сна.

В экспериментах использовался генератор электромагнитных полей сверхнизкой частоты «Smart Sleep» (авторская разработка), формирующий импульсы магнитного поля с частотой: 2, 4, 8, 16, 20, 32, 40 Гц. Напряженность магнитного поля в области головы испытуемого была менее 0,2 мкТл, что значительно меньше допустимых гигиенических норм (100 мкТл). Испытуемые (20 человек, обоего пола, возраст 20–30 лет), утром после сна заполняли

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-36-00025-ОГН18.

опросники по показателям сна: качество сна, продолжительность засыпания, самочувствие при пробуждении, фрагментированность сна, качество сновидений, эмоциональный фон в сновидениях, запоминаемость сновидений, осознанность в сновидениях. Для статистического анализа использовали однофакторный ранговый дисперсионный анализ Краскალла–Уэллеса.

Показано положительное воздействие электромагнитных полей сверхнизкой частоты на показатели сна и сновидений. Достоверные различия ($p < 0,05$) наблюдались для параметров: улучшение самочувствия при пробуждении (4 Гц, 20 Гц), снижение фрагментированности сна (8 Гц), укорочение длительности засыпания (20 Гц), запоминаемости снов (4 Гц), качества сновидений (2 Гц, 16 Гц), эмоционального фона сновидений (8 Гц), осознанности (20 Гц). Более высокозначимые различия ($p < 0,01$) для параметров: фрагментированность сна (32 Гц), запоминаемость снов (2 Гц), качество сновидений (4 Гц), эмоциональный фон сновидений (2 Гц).

Ключевые слова: ночной сон, нефармакологические воздействия, слабые электромагнитные поля сверхнизкой частоты, субъективные опросники качества сна.

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: Блохин И.С., Арсеньев Г.Н., Дорохов В.Б. Улучшение качества ночного сна, оцениваемое по субъективным показателям, при дистантном воздействии слабыми электромагнитными полями сверхнизкой частоты // Социально-экологические технологии. 2018. № 2. С. 61–82.

DOI: 10.31862/2500-2965-2018-2-61-82

I.S. Blokhin^{*,}, G.N. Arsen'ev^{***}, V.B. Dorokhov^{**,**}**

^{*} P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, 119991, Russian Federation

^{**} Neurotechnology of Sleep and Wakefulness Ltd,
Moscow, 117485, Russian Federation

^{***} Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology
of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, 117485, Russian Federation

Improving the quality of sleep under distant effects of weak extremely low frequency electromagnetic fields measured by subjective indicators²

Periodic variations of natural weak extremely low frequency electromagnetic field (ELF-EMF) along with illumination can serve for entrainment of circadian rhythms. It seems promising to use the non-pharmacological remote physiotherapy exposure to ELF-EMF for the correction of sleep disorders and the normalization of circadian rhythms of sleep.

The aim of our study was to assess the impact of weak ELFMF on different characteristics of night sleep, estimated by subjective assessment of sleep quality.

In our experiments, an ELF-EMF generator "Smart Sleep" formed rectangular current pulses supplied to the magnetic field emitter. The device has 7 modes of pulse frequency: 2, 4, 8, 16, 20, 32, 40 Hz. At a distance of 70–200 cm from the device field intensity was less than 0.2 μT , which is significantly less than the permissible hygienic standards. 20 healthy volunteers (both sexes, aged 20–30) took part in the study and self-assessed the night's sleep: sleep quality, sleep latency, wellbeing on awakening, sleep fragmentation, quality of dreams, emotions in dreams, dreams' memorability, awareness in dreams. The Kruskal-Wallis single-factor rank analysis was used. Significant improvements under ELF-EMF influence were found: $p < 0,05$ for the: wellbeing on awakening (4 Hz, 20 Hz), sleep

² The work was supported by the RFBR grant No. 17-36-00025-OGN\18.

fragmentation (8 Hz) and latency (20 Hz), the dream memorability (4 Hz), quality (2 Hz, 16 Hz), emotions (8 Hz) and awareness (20 Hz); $p < 0,01$ for the: sleep latency (32 Hz), the dream memorability (2 Hz), quality (4 Hz) and emotions (2 Hz).

Key words: night sleep, non-pharmacological effects, weak extremely low frequency electromagnetic fields, subjective questionnaires of sleep quality.

CITATION: Blokhin I.S., Arsen'ev G.N., Dorokhov V.B. Improving the quality of sleep under distant effects of weak extremely low frequency electromagnetic fields measured by subjective indicators. *Socialno-ecologicheskie tehnologii*. 2018. № 2. Pp. 61–82.

Введение

Сон – это одна из основных потребностей человека. Функции бодрствующего мозга, реализация его когнитивных возможностей и эффективность человеческой деятельности зависят от количества и качества ежедневного ночного сна. Использование фармакологических препаратов, вызывающих сон или углубляющих его отдельные фазы, может приводить к привыканию или серьезным побочным эффектам, поэтому их длительное применение неприемлемо. Это делает актуальным поиск способов нефармакологического воздействия на механизмы сна. В неврологии в последнее время наблюдается повышенный интерес к возможностям воздействия на репаративные и когнитивные функции мозга путем неинвазивной стимуляции мозга (non-invasive brain stimulation). Однако большинство видов транскраниальной неинвазивной стимуляции мозга (TMS, TCS, tACS, tDCS) являются контактными, требующими установки электродов на голове человека, а также неизвестна безопасность длительного применения этих видов стимуляции. Нами показана возможность воздействия на качество сна путем слабой подпороговой низкочастотной электрокожной стимуляции руки во время глубокого дельта-сна человека, которая вызывала углубление и удлинение этой стадии сна [Индурский, Шахнарович, Дорохов, 2013].

Представляется перспективным для коррекции нарушений сна использование бесконтактного дистанционного воздействия слабыми электромагнитными полями сверхнизкой частоты (ЭМП СНЧ), которые свободно проникают через ткани организма. Эти поля занимают особое место среди природных экологических факторов, и их генез связан с взаимодействием земной атмосферы и Солнца. В отличие от других более высокочастотных ЭМП, примечательной особенностью диапазона ЭМП СНЧ является его совпадение с частотными

характеристиками биоэлектрических потенциалов органов и тканей человека и животных, что позволило сформулировать представления о возможности «резонансного» взаимодействия ЭМП СНЧ с живыми организмами.

Анализ литературы показывает, что почти все биологические системы так или иначе реагируют на ЭМП СНЧ. Реагирует не только центральная нервная система (ЦНС), но и другие ЦНС-зависимые системы (сердечно-сосудистая, нейрогуморальная, иммунная и др.). Эти изменения, отличающиеся на 20–40% от уровня стационарного состояния, относят к классу адаптационно обратимых отклонений [Кудряшов, Рубин, 2014].

К настоящему времени имеются серьезные аргументы, указывающие на то, что периодические вариации естественных низкочастотных полей могут быть датчиками времени для биологических ритмов в широком диапазоне частот. Известно, что частота и интенсивность резонансных колебаний в полости Земля-ионосфера меняется в течение суток, т.к. на солнечной стороне отражающий слой (слой Хевисайда) расположен ниже, чем ночной отражающий слой. Отношение послеполуденного максимума амплитуд к ночному минимуму составляет 5–10 раз. Паттерны соответствующих периодов в биологических системах и геофизических переменных совпадают. Анализ соответствующей литературы показывает, что глобальные крупномасштабные электромагнитные возмущения приводят к изменению временной организации биологических систем [Холодов, Лебедева, 1992; Мартынюк, Владимирский, Темурьянц, 2007; Кудряшов, Рубин, 2014].

В 1954 г. В.О. фон Шуманн и Х. Кёниг описали и предсказали образования стоячих волн ЭМП СНЧ (так называемый «Шумановский резонанс»), которые возникают в концентрической сферической полости, ограниченной поверхностью Земли и нижней ионосферой (атмосферикой) [Schumann, Koenig, 1954]. Такой резонатор характеризуется двумя геометрическими параметрами – радиусом Земли и высотой ионосферы. С учетом конечной проводимости стенок и влияния магнитного поля Земли значения резонансных частот несколько изменяются и, как показали многочисленные наблюдения, отмечаются на частотах порядка 8, 14, 20, 26 Гц. Интерес к этим колебаниям обусловлен тем, что их частоты попадают в диапазон собственных колебаний биотоков мозга: α -ритма (8–13 Гц) и β -ритма (13–30 Гц), – и поэтому могут быть биологически значимыми.

В работах Х. Кёнига с коллегами было отмечено сходство частотных характеристик шумановских резонансов и электроэнцефалограммы

(ЭЭГ) мозга человека [Konig, Anker-muller, 1960; Konig, Krueger, Lang, 1981]. Этот результат в последнее время был подтвержден несколькими исследовательскими группами [Побаченко, Колесник, Бородин, 2006; Saroka, Vares, Persinger, 2016], которые показали количественную корреляцию вариаций глобальных геомагнитных ЭМП колебаний первых двух гармоник Шумановского резонанса с локальными частотными изменениями ритмов ЭЭГ мозга.

В биоритмологических исследованиях Н.А. Темурьянц с соавторами показано, что магнитное поле частотой 8 Гц индукцией 5 мкТл при ежедневном трехчасовом воздействии в течение 45 суток на животных приводило к сдвигу фаз инфраничных (многосуточных) периодов разнообразных физиологических процессов [Темурьянц, Макеев, Малыгина, 1992; Темурьянц, Чуян, Шехоткин, 1995]. Данные факты связывают с изменениями временной организации биоритмов системных регуляторных процессов на уровне центральной и вегетативной нервной системы, причем в зависимости от физиологического состояния организма может оказываться синхронизирующее или десинхронизирующее действие [Григорьев, Мартынюк, Темурьянц, 2003]. Обзор литературных данных о взаимодействии биологических ритмов и низкочастотных ЭМП приведен в работе [Мартынюк, Владимирский, Темурьянц, 2007].

Для систематизации имеющихся экспериментальных данных, их сопоставления и сравнения важно знать зависимость биологических эффектов от параметров ЭМП. В полном виде эти зависимости остаются пока неизученными, однако можно выделить основные параметры ЭМП СНЧ: частота, интенсивность, форма сигнала и продолжительность экспозиции. Одной из главных характеристик ЭМП СНЧ является наличие частотных и амплитудных окон, диапазоны которых на клеточном, органном, тканевом и организменном уровнях в основном совпадают. Следует подчеркнуть, что биологические эффекты ЭМП СНЧ могут наблюдаться при очень низких значениях интенсивностей, причем для каждой биоактивной частоты ЭМП («частотные окна») существует своя оптимальная интенсивность – «амплитудные окна» [Zhadin, Barnes, 2005]. В электромагнитной биологии четкого критерия «слабого» или «сильного» электромагнитного воздействия не существует в силу высокой чувствительности и нелинейности ответа живого организма на то или иное электромагнитное воздействие. Тем не менее, «слабыми» часто называют такие воздействия, которые не приводят к разогреву биологических тканей. Более точный критерий, который позволяет называть такие воздействия слабыми, – это величина энергии воздействия, которая по своему уровню не должна быть больше

энергии, приходящейся на единицу степени свободы теплового движения простых молекул. Однако по отношению к низкочастотным магнитным полям применяют другие критерии «слабости». Очень часто «слабыми» называют такие низкочастотные магнитные поля, амплитуда которых ниже установленных предельно допустимых уровней для жилых и офисных помещений, в данном случае это диапазон ниже 100 мкТл. Для сравнения можно привести такие данные: средняя напряженность (индукция) постоянного магнитного поля Земли составляет приблизительно 50 мкТл, а амплитуда его медленных вариаций может достигать до 1 мкТл; уровень электромагнитного фона, создаваемого электротехническими устройствами в обычных помещениях, в которых проводятся эксперименты, находится в пределах от нескольких десятков до нескольких сотен нанотесла; уровень электромагнитного фона на частотах Шумановского резонанса для электрической компоненты составляет десятые доли милливольт на метр, а для магнитной компоненты – доли-единицы нанотесла.

В настоящее время уже не вызывает сомнения тот факт, что ЭМП СНЧ, как и любого другого диапазона, может вызвать биологический ответ при очень низких значениях интенсивности – соответствующих нанотесловому и даже пикотесловому диапазонам. В работе Chao Qin с соавторами показано влияние ЭМП СНЧ частотой 0,839–0,952 Гц индукцией 3,4 нТл на восприятие болевых висцеральных стимулов [Chao Qin, Evans, Yamanashi, 2005]. Известны работы R. Sandyk, которая использовала ЭМП частотой 5 и 7 Гц индукцией 7,5 нТл для лечения неврологических болезней: болезни Паркинсона, множественного склероза. Высокую терапевтическую активность используемого ЭМП СНЧ (способ запатентован) она связывает с оптимизацией деятельности эпифиза [Sandyk, Derapas, 1993; Sandyk, 1994]. Для эффективности восприятия электромагнитных полей существенное значение имеет форма сигнала. Так, Н.Н. Лебедева установила, что импульсные и сложномодулированные ЭМП СНЧ диапазона ощущаются человеком достоверно лучше, чем синусоидальные [Лебедева, 1994]. Полагают, что наиболее эффективна форма спайка, напоминающая таковой при нервном возбуждении [Холодов, Лебедева, 1992]. Продолжительность воздействия является важным фактором, определяющим величину и характер ответной реакции, развивающейся на действие слабых ЭМП. По данным Н.Н. Лебедевой, время реакции при восприятии человеком ЭМП СНЧ диапазона лежит в пределах 5–60 с [Холодов, Лебедева, 1992; Лебедева, 1994]. В других случаях не удается обнаружить ответной реакции ни через 3 часа, ни после 2-кратных трехчасовых экспозиций.

Так, только после 3-кратных трехчасовых воздействий МП частотой 5 Гц снижается процент правильных реакций при реализации двигательного пищевого условного рефлекса [Сидякин, 1986]. При многократных воздействиях может развиваться адаптация к действию ЭМП СЧЧ.

Все больше исследователей сталкивается с тем обстоятельством, что биологическая эффективность слабых ЭМП СЧЧ зависит от времени суток. Так, воздействие ЭМП СЧЧ в дневное время [Welker, Semm, Willing, 1983], в начале темновой фазы [Yaga, Reiter, Manchester, 1993] не влияло на синтез мелатонина в эпифизе, но экспозиция поля в середине и конце темновой фазы вызывала торможение синтеза гормона, которое было выражена сильнее при экспозиции ЭМП в конце темновой фазы. Эти данные убедительно свидетельствуют об изменении магниточувствительности в течение суток, что обусловлено циркадианной ритмикой функционального состояния организма. Имеются сведения об изменении эффективности ЭМП СЧЧ в различные сезоны года, т.е. сезонной ритмики магниточувствительности: она возрастает весной и снижается в зимние месяцы [Макеев, 1979].

До недавнего времени изменение освещенности считалось единственным и достаточным синхронизирующим агентом. Однако в последнее время показано, что периодические вариации естественных низкочастотных полей также могут быть датчиками времени для биологических ритмов в широком диапазоне частот. Причем имеются данные, что влияния ЭМП СЧЧ на ритмические процессы, также как изменения суточной освещенности, опосредуются эпифизом. Показано, что ЭМП СЧЧ различных характеристик ингибирует секрецию основного гормона эпифиза – мелатонина [Темурьянц, Шехоткин, Насилевич, 1998].

Таким образом, важным экологическим и биотропным фактором являются ЭМП СЧЧ, причем особый интерес представляют частоты Шумановского резонанса: 8, 14, 20 и 26 Гц, частота и интенсивность которых меняется в течение суток и варьирует в зависимости от состояния ионосферы, грозовой и солнечной активности. Наибольшей интенсивности эти ЭМП СЧЧ достигают днем, а ночью могут уменьшаться в 5–10 раз. Суточная вариабельность в диапазоне Шумановского резонанса дает возможность предполагать, что, наряду с суточными изменениями освещенности, ЭМП с частотой Шумановского резонанса могут являться дополнительным синхронизирующим и хронобиологическим фактором, т.к. оба фактора связаны с наличием солнца днем и отсутствием его ночью.

Исходя из вышеизложенного, можно выдвинуть предположение, что воздействия на организм искусственных слабых ЭМП СЧЧ в диапазоне

частот Шумановского резонанса могут оказывать влияния на цикл сон–бодрствования и таким образом служить терапевтическим агентом для коррекции нарушений цикла сон–бодрствования у неврологических больных, а также оказывать нормализующее воздействие на людей с различными нарушениями сна.

Целью исследования была оценка воздействия слабых ЭМП СНЧ в диапазоне частот от 2 до 40 Гц на различные характеристики ночного сна, оцениваемые с помощью опросников сна.

Методика эксперимента

В экспериментах использовался прибор – генератор ЭМП СНЧ «Smart Sleeper» (авторская разработка, сертификат соответствия ГОСТ Р 0159555 от 15.12.2017), формирующий прямоугольные импульсы тока, подаваемые на плоскую катушку индуктивности, играющую роль излучателя магнитного поля. На поверхности прибора напряженность магнитного поля была 20 мкТл, а на расстоянии 70–200 см в области головы испытуемого напряженность поля была менее 0,2 мкТл, что значительно меньше допустимых гигиенических норм. В РФ (СанПиН 2.2.4.3359–16) предельно допустимые уровни (ПДУ) при воздействии магнитным полем с частотой 50 Гц в течении 8 часов – 100 мкТл. Прибор имеет 7 режимов частоты импульсов: 2, 4, 8, 16, 20, 32, 40 Гц. В эксперименте приняли участие 20 человек (обоих полов, возраст 20–30 лет). Утром после сна испытуемые заполняли опросники по различным показателям сна: качество сна, продолжительность засыпания, самочувствие при пробуждении, фрагментированность сна, способ пробуждения (самостоятельно или по будильнику), качество сновидений, эмоциональный фон в сновидениях, запоминаемость сновидений, осознанность в сновидениях.

В ходе эксперимента применялось 4 генератора ЭМП СНЧ. Каждую ночь эксперимента испытуемые делились на две группы. 1 группа (16 человек) – тренировка самооценки параметров сна по опросникам и набор статистики без воздействия. 2 группа (4 человека) – сон с одним из генераторов под воздействием ЭМ поля. Испытуемые самостоятельно, произвольным образом выбирали из 7 режимов работы генератора. После четырех ночей использования прибор передавался другому испытуемому. Среднее количество ночей на каждого испытуемого: без воздействия (фон) – 12, с воздействием – 12. Общее количество ночей – 480.

Анкета самооценки параметров сна и сновидений [Hall, van de Castle, 1966] была расширена и дополнена несколькими параметрами. Ниже перечислены пункты анкеты и оценки.

Качество сна

5 – отлично, 4 – хорошо, 3 – нормально, 2 – плохо, 1 – очень плохо.

Самочувствие при пробуждении утром

4 – бодрость, 3 – расслабленность, 2 – сонливость, дремота, 1 – вялость, разбитость.

Количество пробуждений ночью (фрагментированность сна)

3 – не просыпался, 2 – просыпался 1–2 раза, 1 – просыпался часто.

Длительность засыпания

4 – мгновенно, 3 – быстро, 2 – долго, 1 – очень долго.

Запоминаемость сновидений

3 – целиком, 2 – эпизодично, 1 – плохо.

Качество сновидений

4 – осознанные, 3 – яркие, 2 – обычные, 1 – кошмарные.

Эмоциональный фон сновидений

5 – нейтральный, 4 – положительный, 3 – смешанный, 2 – отрицательный, 1 – кошмарный.

Осознанность в сновидении

2 – были осознанные фрагменты, 1 – осознанности не было.

Для оценки различий результатов опросников в фоновых ночах и при воздействиях разными частотами ЭМ поля использовали однофакторный ранговый дисперсионный анализ Краскалла–Уэллеса.

Результаты и обсуждение

Далее представлены таблицы 1–9 «условных средних баллов» и некоторых других характеристик, имеющих значение для интерпретации результатов, где N – число наблюдений при данном режиме; $Mean$ – среднее значение «условного балла» при данном режиме; SE – стандартная ошибка (ошибка среднего); SD – стандартное отклонение (среднее квадратичное отклонение); Me – медиана (балл, меньше которого находится 50% наблюдений); Mo – мода, наиболее часто встречающееся значение; $n(Mo)$ – встречаемость модального значения (число случаев, когда балл принимает модальное значение); Min – минимальный балл в выборке; Max – максимальный балл в выборке.

Таблица 1

Тест «Среднее качество сна»
[“Average Quality of Sleep” Test]

Режим [Mode]	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>SE</i>	<i>SD</i>	<i>Me</i>	<i>Mo</i>	<i>n(Mo)</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Фон	262	3,81	0,04	0,71	4,0	4,0	156	1	5
0	47	3,64	0,09	0,61	4,0	4,0	33	2	4
1	16	3,75	0,17	0,68	4,0	4,0	11	2	5
2	26	3,85	0,12	0,61	4,0	4,0	19	2	5
3	9	3,56	0,41	1,24	4,0	4,0	6	1	5
4	92	3,76	0,08	0,75	4,0	4,0	48	2	5
5	11	4,18	0,23	0,75	4,0	4,0	5	3	5
6	14	3,36	0,29	1,08	3,0	3,0	6	1	5

Таблица 2

Тест «Самочувствие при пробуждении»
[“Wellbeing on Awakening” Test]

Режим [Mode]	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>SE</i>	<i>SD</i>	<i>Me</i>	<i>Mo</i>	<i>n(Mo)</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Фон	262	3,15	0,05	0,81	3,0	3,0	118	1	4
0	47	3,00	0,14	0,93	3,0	3,0	22	1	4
1	16	2,75	0,19	0,77	3,0	3,0	9	1	4
2	26	3,00	0,11	0,57	3,0	3,0	18	2	4
3	9	2,67	0,37	1,12	3,0	3,0	4	1	4
4	92	2,82	0,10	0,91	3,0	3,0	43	1	4
5	11	3,36	0,20	0,67	3,0	3,0–4,0	5	2	4
6	14	2,86	0,14	0,53	3,0	3,0	10	2	4

Таблица 3

Тест «Фрагментированность сна»
["Fragmentation of Sleep" Test]

Режим [Mode]	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>SE</i>	<i>SD</i>	<i>Me</i>	<i>Mo</i>	<i>n(Mo)</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Фон	262	2,28	0,03	0,56	2,0	2,0	160	1	3
0	47	2,11	0,09	0,63	2,0	2,0	28	1	3
1	16	2,44	0,13	0,51	2,0	2,0	9	2	3
2	26	2,54	0,10	0,51	3,0	3,0	14	2	3
3	9	2,11	0,26	0,78	2,0	2,0	4	1	3
4	92	2,22	0,07	0,71	2,0	2,0	42	1	3
5	11	1,82	0,12	0,40	2,0	2,0	9	1	2
6	14	2,00	0,18	0,68	2,0	2,0	8	1	3

Таблица 4

Тест «Способ пробуждения»
["Ways of Waking up" Test]

Режим [Mode]	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>SE</i>	<i>SD</i>	<i>Me</i>	<i>Mo</i>	<i>n(Mo)</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Фон	257	1,79	0,03	0,41	2,0	2,0	202	1	2
0	47	1,47	0,07	0,50	1,0	1,0	25	1	2
1	16	1,75	0,11	0,45	2,0	2,0	12	1	2
2	25	1,36	0,10	0,49	1,0	1,0	16	1	2
3	9	1,67	0,17	0,50	2,0	2,0	6	1	2
4	92	1,52	0,05	0,50	2,0	2,0	48	1	2
5	11	1,64	0,15	0,50	2,0	2,0	7	1	2
6	14	1,64	0,13	0,50	2,0	2,0	9	1	2

Таблица 5

**Тест «Длительность засыпания»
[“Duration of Falling Asleep” Test]**

Режим [Mode]	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>SE</i>	<i>SD</i>	<i>Me</i>	<i>Mo</i>	<i>n(Mo)</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Фон	262	3,13	0,04	0,68	3,0	3	155	1	4
0	47	3,00	0,10	0,69	3,0	3	25	2	4
1	16	3,25	0,11	0,45	3,0	3	12	3	4
2	26	3,04	0,09	0,45	3,0	3	21	2	4
3	9	3,33	0,24	0,71	3,0	3,0–4,0	4	2	4
4	92	2,95	0,08	0,75	3,0	3	53	1	4
5	11	3,18	0,23	0,75	3,0	3	5	2	4
6	14	3,00	0,15	0,55	3,0	3	10	2	4

Таблица 6

**Тест «Запоминаемость снов»
[“Memorability of Dreams” Test]**

Режим [Mode]	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>SE</i>	<i>SD</i>	<i>Me</i>	<i>Mo</i>	<i>n(Mo)</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Фон	260	2,16	0,05	0,77	2,0	3	102	1,0	3,0
0	47	1,72	0,10	0,71	2,0	1,0; 2,0	20	1,0	3,0
1	16	1,75	0,21	0,86	1,5	1	8	1,0	3,0
2	26	2,12	0,15	0,77	2,0	2	11	1,0	3,0
3	9	1,78	0,32	0,97	1,0	1	5	1,0	3,0
4	92	2,11	0,08	0,78	2,0	2	36	1,0	3,0
5	11	2,55	0,21	0,69	3,0	3	7	1,0	3,0
6	14	2,00	0,23	0,88	2,0	1,0; 3,0	5	1,0	3,0

Таблица 7

**Тест «Качество сновидений»
[“Quality of Dreams” Test]**

Режим [Mode]	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>SE</i>	<i>SD</i>	<i>Me</i>	<i>Mo</i>	<i>n(Mo)</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Фон	262	2,40	0,03	0,51	2,0	2,0	156	1	4
0	47	2,21	0,07	0,51	2,0	2,0	36	1	4
1	16	2,06	0,06	0,25	2,0	2,0	15	2	3
2	25	2,27	0,09	0,45	2,0	2,0	19	2	3
3	9	2,00	0,17	0,50	2,0	2,0	7	1	3
4	92	2,48	0,07	0,72	2,0	2,0	48	1	4
5	11	2,36	0,15	0,50	2,0	2,0	7	2	3
6	14	2,21	0,19	0,70	2,0	2,0	10	1	4

Таблица 8

**Тест «Эмоциональный фон сновидений»
[“Emotional Background of Dreams” Test]**

Режим [Mode]	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>SE</i>	<i>SD</i>	<i>Me</i>	<i>Mo</i>	<i>n(Mo)</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Фон	262	4,02	0,06	0,95	4,0	5,0	102	1	5
0	47	4,53	0,13	0,91	5,0	5,0	35	1	5
1	16	4,25	0,28	1,13	5,0	5,0	10	2	5
2	25	4,46	0,18	0,90	5,0	5,0	18	2	5
3	9	4,33	0,44	1,32	5,0	5,0	6	1	5
4	92	4,17	0,10	0,97	4,0	5,0	44	1	5
5	11	4,55	0,21	0,69	5,0	5,0	7	3	5
6	14	4,00	0,30	1,11	4,0	5,0	6	2	5

**Тест «Осознанность в сновидениях»
[“Awareness in Dreams” Test]**

Режим [Mode]	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>SE</i>	<i>SD</i>	<i>Me</i>	<i>Mo</i>	<i>n(Mo)</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Фон	258	1,09	0,02	0,28	1,0	1,0	236	1,0	2,0
0	47	1,03	0,03	0,19	1,0	1,0	28	1,0	2,0
1	16	1,00	0,00	0,00	1,0	1,0	16	1,0	1,0
2	25	1,12	0,06	0,33	1,0	1,0	23	1,0	2,0
3	9	1,00	0,00	0,00	1,0	1,0	9	1,0	1,0
4	92	1,16	0,04	0,37	1,0	1,0	77	1,0	2,0
5	11	1,00	0,00	0,00	1,0	1,0	11	1,0	1,0
6	14	1,07	0,07	0,27	1,0	1,0	13	1,0	2,0

При попытке обработать набор балльных оценок параметрическими методами (например, рассчитать среднее, его ошибку и доверительные интервалы) мы автоматически в скрытом виде вынуждены предположить: существование оценки в 0 баллов, дробных баллов и функции распределения баллов, отличной от равномерной и имеющей отличную от нуля плотность распределения за пределами определенных в эксперименте балльных градаций. Тогда балльная оценка теряет свой смысл и от нее остаются только числовые значения, совпадающие с новой величиной – «псевдобаллами», т.е. нецелочисленными значениями в диапазоне изменения исходных баллов. В этом случае, конечно, можно считать средние значения, их ошибки, доверительные интервалы, но новые «псевдобаллы» некорректно соотносить с изначально измеряемыми величинами.

Поэтому для оценки различий результатов опросников в фоновых ночах и при воздействиях разными частотами ЭМ поля мы использовали однофакторный ранговый дисперсионный анализ Краскала–Уэллеса, адекватный ранговой шкале измерений. Параллельно проводились попарные сравнения всех режимов с фоновыми значениями оценок при помощи теста Манна–Уитни.

В результате:

- достоверное различие в суммах рангов статистически значимо ($p < 0,05$) для параметров (табл. 10): улучшение самочувствия при пробуждении (4 Гц, 20 Гц), снижение фрагментированности сна (8 Гц), укорочение длительности засыпания (20 Гц), запоминаемости снов (4 Гц), качества сновидений (2 Гц, 16 Гц), эмоционального фона сновидений (8 Гц), осознанности (20 Гц);
- различие в сумме рангов высоко значимо ($p < 0,01$) для параметров (табл. 11): фрагментированности сна (32 Гц), запоминаемости снов (2 Гц), качества сновидений (4 Гц), эмоционального фона сновидений (2 Гц).

Можно видеть, что в основном воздействия на всех режимах снижают средний балл ответа по отношению к фону (за исключением реакции на эмоциональный фон). Особенно четко это прослеживается при режиме 2 Гц (по критерию Манна–Уитни максимальное число значимых и высоко значимых различий) и 40 Гц (все средние ответы ниже фона, хотя и незначимо). Также близка к ним реакция на тесты при режимах 16 и 20 Гц. В основном реакция на тесты выше, чем в фоне при режиме 32 Гц. Остальные режимы (4 и 8 Гц) занимают промежуточное положение, давая в основном снижение баллов ответов на большинство тестов.

Некоторые тесты показывают снижение результирующего балла относительно фона при всех режимах (способ пробуждения) или при всех режимах, кроме одного (самочувствие при пробуждении, запоминаемость снов, качество сновидений), причем особенно сильное снижение происходит при режимах 2 и 4 Гц. Превышение средних баллов над фоном происходит в 6 режимах из 7 при тестировании эмоционального фона, в остальных тестах реже.

Стоит заметить, что снижение балла не всегда стоит принимать за ухудшение ответственного качества сна или сновидений. Например, снижение эмоциональности сна некоторыми пользователями субъективно оценивается как положительный эффект от воздействия на качество сна и сновидений.

В целом, изначальное предположение отсутствия значимых различий между испытуемыми на практике не подтвердилось. В группе выявились «оптимисты» (большинство), реагирующие на воздействие в широком диапазоне частот положительно, и «пессимисты», реагирующие отрицательно. Это затруднило оценку результата, однако в то же время позволило увеличить общее число наблюдений с 72 (числа испытуемых при всех режимах) до 480 (числа сессий при всех режимах). Такое упрощение побуждает относиться к результатам на уровне оснoвания и ориентировочных направлений для дальнейших исследований.

**Статистически значимые различия показателей для тестов
при соответствующих режимах воздействия
[Statistically significant differences in indicators for tests
under appropriate exposure regimes]**

Тесты [Tests]	Режимы воздействия электромагнитных полей сверхнизкой частоты, Гц [Modes of action of electromagnetic fields of extremely low frequency, Hz]						
	2	4	8	16	20	32	40
Качество сна [Average Quality of Sleep]	-	-	+	-	-	+	-
Самочувствие при пробуждении [Wellbeing on Awakening]	-	-	-	-	-	+	-
Фрагментированность сна [Fragmentation of Sleep]	-	+	+	-	-	-	-
Способ пробуждения [Ways of Waking up]	-	-	-	-	-	-	-
Длительность засыпания [Duration of Falling Asleep]	-	+	-	+	-	+	-
Запоминаемость снов [Memorability of Dreams]	-	-	-	-	-	+	-
Качество сновидений [Quality of Dreams]	-	-	-	-	+	-	-
Эмоциональный фон [Emotional Background of Dreams]	+	+	+	+	+	+	-
Осознанность в сновидениях [Awareness in Dreams]	-	-	+	-	+	-	-

Серым цветом выделены режимы воздействия для тестов, при которых различие в сумме рангов статистически значимо ($p < 0,05$).

“+” – средний бал выше фоновой величины, “-” – средний бал ниже фоновой величины.

Таблица 11

**Высоко значимые различия показателей для тестов
при соответствующих режимах воздействия
[Highly significant differences in indicators for tests
under appropriate exposure regimes]**

Тесты [Tests]	Режимы воздействия электромагнитных полей сверхнизкой частоты, Гц [Modes of action of electromagnetic fields of extremely low frequency, Hz]						
	2	4	8	16	20	32	40
Качество сна [Average Quality of Sleep]	-	-	+	-	-	+	-
Самочувствие при пробуждении [Wellbeing on Awakening]	-	-	-	-	-	+	-
Фрагментированность сна [Fragmentation of Sleep]	-	+	+	-	-	-	-
Способ пробуждения [Ways of Waking up]	-	-	-	-	-	-	-
Длительность засыпания [Duration of Falling Asleep]	-	+	-	+	-	+	-
Запоминаемость снов [Memorability of Dreams]	-	-	-	-	-	+	-
Качество сновидений [Quality of Dreams]	-	-	-	-	+	-	-
Эмоциональный фон [Emotional Background of Dreams]	+	+	+	+	+	+	-
Осознанность в сновидениях [Awareness in Dreams]	-	-	+	-	+	-	-

Серым цветом выделены режимы воздействия для тестов, при которых различие в сумме рангов высоко значимо ($p < 0,01$).

“+” – средний бал выше фоновой величины, “-” – средний бал ниже фоновой величины.

Заключение

Показано наличие позитивных эффектов ЭМП СНЧ на показатели сна и сновидений. Достоверные различия ($p < 0,05$) наблюдались для параметров: улучшение самочувствия при пробуждении (4 Гц, 20 Гц), снижение фрагментированности сна (8 Гц), укорочение длительности засыпания (20 Гц), запоминаемости снов (4 Гц), качества сновидений (2 Гц, 16 Гц), эмоционального фона сновидений (8 Гц), осознанности (20 Гц). Более высокочастотные различия ($p < 0,01$) для параметров: фрагментированность сна (32 Гц), запоминаемость снов (2 Гц), качество сновидений (4 Гц), эмоциональный фон сновидений (2 Гц).

Таким образом, полученные результаты дают основания предполагать, что слабые ЭМП СНЧ в использованном диапазоне частот оказывают положительное воздействие на исследованные показатели сна и сновидений. В дальнейшем, для подтверждения полученных результатов, предполагается проведение полисомнографических исследований в домашних условиях с использованием портативных электроэнцефалографов и фитнес-трекеров.

Библиографический список / References

1. Григорьев П.Е., Мартынюк В.С., Темурьянц Н.А. Влияние переменного магнитного поля сверхнизкочастотного магнитного поля на синхронизацию ритмики физиологических процессов с электромагнитным фоном // Таврический медико-биологический вестник. 2003. Т. 7. № 1. С. 154–158. [Grigoriev P.E., Martynuk V.S., Temuryants N.A. Influence of a variation magnetic field of a superlow-frequency magnetic field on synchronization of rhythmicity of physiological processes with an electromagnetic background. *Tavrisheskii mediko-biologicheskii vestnik*. 2003. № 7 (1). Pp. 154–158.]
2. Кудряшов Ю.Б., Рубин А.Б. Радиационная биофизика: сверхнизкочастотные электромагнитные излучения. М., 2014. [Kudryashov Yu.B., Rubin A.B. Radiacionnaya biofizika: sverhnikochastotnye elektromagnitnye izlucheniya [Radiation biophysics: Extra low-frequency electromagnetic radiations]. Moscow, 2014.]
3. Лебедева Н.Н. Реакции центральной нервной системы человека на электромагнитные поля с различными биотропными параметрами: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1992. [Lebedeva N.N. Reakcii centralnoj nervnoj sistemy cheloveka na elektromagnitnye polya s razlichnymi biotropnymi parametrami [Reactions of the central nervous system of the person to electromagnetic fields with various biotropy parameters]. PhD thesis. Moscow, 1992.]
4. Макеев В. Б. Экспериментальное исследование физиологического действия ЭМП инфранизкой частоты: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Симферополь, 1979. [Makeev V.B. Eksperimentalnoe issledovanie fiziologicheskogo dejstviya EMP infranizkoj chastoty [Pilot study of physiological extra low frequency EMP physiological effects]. PhD thesis. Simferopol, 1979.]

5. Мартынюк В. С., Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. Биологические ритмы и электромагнитные поля среды обитания // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2007. № 2 (54). С. 143–146. [Martynyuk V.S., Vladimirskiy B.M., Temuryants N.A. Biological rhythms and electromagnetic fields of habitat. *Bulletin VSNTs. SO. Russian Academy of Medical Science*. 2007. No. 2 (54). Pp. 143–146.]

6. Низкочастотная электрокожная стимуляция кисти руки во время медленноволновой стадии ночного сна: физиологические и терапевтические эффекты / Индурский П.А., Маркелов В.В., Шахнарвич В.М., Дорохов В.Б. // Физиология человека. 2013. Т. 39. № 6. С. 91–105. [Indurskiĭ P.A., Markelov V.V., Shakhnarovich V.M., Dorokhov V.B. Low-frequency rhythmic electrocutaneous stimulation during slow-wave sleep: Physiological and therapeutic effects. *Fiziol Cheloveka*. 2013. № 39 (6). Pp. 91–105.]

7. Сидякин В.Г. Влияние глобальных экологических факторов на нервную систему. Киев, 1986. [Sidyakin V.G. Vliyanie globalnykh ekologicheskikh faktorov na nervnyuyu sistemu [Influence of global ecological factors on nervous system]. Kiev, 1986.]

8. Сопряженность параметров энцефалограммы мозга человека и электромагнитных полей шумановского резонатора по данным мониторинговых исследований / Побаченко С.В., Колесник А.Г., Бородин А.С., Калужин В.В. // Биофизика. 2006. Т. 51. Вып. 3. С. 534–538. [Pobachenko S.V., Kolesnik A.G., Borodin A.S., Kaliuzhin V.V. The contingency of the parameters of the human brain electroencephalograms and electromagnetic fields of the Schuman resonator based on monitoring studies. *Biofizika*. 2006. № 51 (3). Pp. 534–538.]

9. Темурьянц Н.А., Makeev В.Б., Малыгина В.И. Влияние слабых ПемП СНЧ на инфрадианную ритмику активности симпатoadренальной системы крыс // Биофизика. 1992. Т. 37. Вып. 4. С. 653–655. [Temuryants N.A., Makeev V.B., Malygina V.I. Influence of weak variable electromagnetic fields of ultralow frequency on infradian rhythmic activity of sympathoadrenal system of rats. *Biofizika*. 1992. № 37 (4). Pp. 653–655.]

10. Темурьянц Н.А., Чуян Е.Н., Шехоткин А.В. Инфрадианная ритмика функционального состояния нейтрофилов и лимфоцитов крови крыс с различными индивидуальными особенностями // Биофизика. 1995. Т. 40. № 5. С. 1121–1125. [Temuryants N.A., Chuyan E.N., Shekhotkin A.V. Infradian rhythmic activity of a functional condition of neutrophils and lymphocytes of blood of rats with various specific features. *Biofizika*. 1995. № 40 (50). Pp. 1121–1125.]

11. Темурьянц Н.А., Шехоткин А.В., Насилевич В. Магниточувствительность эпифиза // Биофизика. 1998. Т. 43. Вып. 5. С. 761–765 [Temuryants N.A., Shekhotkin A.V., Nasilevich V. Magnetosensitivity of an epiphysis. *Biofizika*. 1998. № 43 (5). Pp. 761–765.]

12. Холодов Ю.А., Лебедева Н.Н. Реакции нервной системы человека на электромагнитные поля. М., 1992. [Kholodov Yu.A., Lebedeva N.N. Reakcii nervnoj sistemy cheloveka na elektromagnitnye polya [Reactions of nervous system of the person to electromagnetic fields]. Moscow, 1992.]

13. Chao Qin, Evans J.M., Yamanashi W.S., Sherlang B.I., Foreman R.D. Effects on rats of low intensity and frequency electromagnetic field stimulation on thoracic spinal neurons receiving noxious cardiac and esophageal inputs. *Neuromodulation*. 2005. Vol. 8. P. 79.

14. Hall C., van de Castle R. The content analysis of dreams. New York, 1966.
15. König H.L., Anker-muller F. Über den Einfluss besonders niederfrequenter elektrischer Vorgänge in der Atmosphäre auf den Menschen. *Naturwissenschaften*. 1960. № 21. S. 486–490.
16. König H.L., Krueger A.P., Lang S., Sonning W. Biologic effects of environmental electromagnetism. New York, 1981.
17. Sandyk R. Rapid normalization of visual evoked potentials by picoTesla range magnetic fields in chronic progressive multiple sclerosis. *Int. J. Neuroscience*. 1994. Vol. 77. № 304. Pp. 243–259.
18. Sandyk R., Derpapas K. Further observations on the unique efficacy of picoTesla range magnetic fields in Parkinson's disease. *Int. J. Neuroscience*. 1993. Vol. 69. № 1–4. Pp. 167–183.
19. Saroka K.S., Vares D.E., Persinger M.A. 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. 19. 2/22.
20. Schumann W.O., Koenig H. Über die Beobachtung von "Atmospherics" bei geringsten Frequenzen. *Naturwissenschaften*. 1954. № 8. S. 183–184.
21. Welker H.A., Semm P., Willing R. et al. Effects of an artificial magnetic field on the serotonin N-acetyltransferase activity and melatonin content of the rat pineal gland. *Exp. Brain Res*. 1983. Vol. 50. Pp. 426–432.
22. Yaga K., Reiter R.J., Manchester L.C., Nieves H., Sun J.H., Chen L.D. Pineal sensitivity to pulsed static magnetic fields changes during the photoperiod. *Brain Res. Bull*. 1993. Vol. 30. Pp. 153–156.
23. Zhadin M., Barnes F. Frequency and amplitude windows in the combined action of DC and low frequency AC magnetic fields on ion thermal motion in macromolecule theoretical analysis. *Bioelectromagnetics*. 2005. Vol. 26. Pp. 323–330.

Статья поступила в редакцию 14.04.2018

The article was received on 14.04.2018

Блохин Илья Сергеевич – младший научный сотрудник лаборатории сверхпроводимости, Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН, г. Москва; технический директор, ООО «Нейротехнологии сна и бодрствования», г. Москва

Blokhin Ilya S. – junior researcher at the Laboratory of Superconductivity, P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences; Technical Director, Neurotechnology of sleep and wakefulness Ltd

E-mail: fon.dorian@gmail.com

Арсеньев Глеб Николаевич – младший научный сотрудник лаборатории нейробиологии сна и бодрствования, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва

Arsen'ev Gleb N. – junior researcher at the Laboratory of Neurobiology of Sleep and Wakefulness, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of the Russian Academy of Sciences

E-mail: byron100z@gmail.com

Дорохов Владимир Борисович – доктор биологических наук; заведующий лабораторией нейробиологии сна и бодрствования, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва; генеральный директор, ООО «Нейротехнологии сна и бодрствования», г. Москва

Dorokhov Vladimir B. – Dr. Hab. in Biology; head at the Laboratory of Neurobiology of Sleep and Wakefulness, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of the Russian Academy of Sciences; general manager, Neurotechnology of Sleep and Wakefulness Ltd

E-mail: vbdorokhov@mail.ru