

DOI: 10.31862/2500-2966-2018-2-83-107

А.Ю. Миронов*, **А.В. Синин****, **В.Б. Дорохов*,*****

* Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии человека РАН,
117485 г. Москва, Российская Федерация

** Научно-исследовательская лаборатория сна и сновидений,
125466 г. Москва, Российская Федерация

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

Методика диалога со спящим испытуемым в состоянии осознанного сновидения с использованием дыхательных движений

В исследованиях осознанных сновидений для идентификации этого измененного состояния сознания во время парадоксальной стадии сна обычно применяется односторонний метод коммуникации, при котором спящий испытуемый сообщает о своем состоянии движениями глаз. Нами разработан новый альтернативный метод, который позволяет во время осознанных сновидений осуществлять двусторонний обмен информацией (диалог) между спящим испытуемым и экспериментатором. Экспериментатор передавал инструкцию для решения арифметических задач аудиально. Испытуемый решал полученную задачу и передавал результат ее решения количеством дыхательных движений или движений глаз. На основе пилотной серии экспериментов показано, что спящий в состоянии осознанных сновидений способен корректно вести диалог и выполнять получаемые инструкции без пробуждения, что доказывает его восприимчивость к внешним звуковым стимулам и способность к их сознательной переработке в состоянии осознанного сна.

Это первая на сегодня методика диалоговой коммуникации со спящим человеком, расширяющая возможности объективными методами исследовать данное измененное состояние сознания. Рассматривается разрабатываемая нами модификация методики диалога спящий испытуемый / экспериментатор на базе датчиков смартфонов (акселерометр), с возможностью проведения экспериментов в удаленном режиме с использованием Интернета, что позволит вовлечь в исследования широкий круг сновидцев-энтузиастов, практикующих осознанные сновидения в домашних условиях.

Ключевые слова: сон, осознанные сновидения, состояние сознания, методика диалога спящий испытуемый / экспериментатор, дыхательные движения.

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: Миронов А.Ю., Синин А.В., Дорохов В.Б. Методика диалога со спящим испытуемым в состоянии осознанного сновидения с использованием дыхательных движений // Социально-экологические технологии. 2018. № 2. С. 83–107.

DOI: 10.31862/2500-2966-2018-2-83-107

A.Yu. Mironov^{*}, A.V. Sinin^{}, V.B. Dorokhov^{*,***}**

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

^{**} Sleep and Lucid Dreaming Research Laboratory, Moscow, 125466, Russian Federation

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

The method of dialogue with the sleeping subject in the state of lucid dream, using respiratory movements

In research of lucid dreams (LD), an altered state of consciousness that occurs during the REM sleep stage, the task of LD identification is normally solved with a unidirectional communication method. An experimental subject, while sleeping, signals about his/hers state by performing a series of eye movements. We have developed a new alternative method that allows for bidirectional information exchange (dialogue) between the researcher and the sleeping subject. A researcher was presenting the arithmetic tasks via audio playback. The subject analyzed the received instruction and used respiratory activity (fast series of breathing movements) or eye movements as signals to answer. Pilot series of experiments have verified the ability of the subject to maintain the dialogue and correctly execute the instructions without waking up. This indicates the subject's sensitivity in regards to external auditory stimuli and the ability to consciously process them in the state of LD.

This is the first reported method of bidirectional communication with a person in the state of LD to date, which expands the possibilities for the objective investigation of this altered state of consciousness. We also report our modification of the sleeping subject/researcher dialogue method that is currently under development. It utilizes smartphone sensors and allows conducting the experiment

in remote mode via the Internet, which makes it possible to engage a broad circle of lucid dreaming enthusiasts who practice at home.

Key words: lucid dreams, state of consciousness, subject/experimenter dialogue method, respiratory movement.

CITATION: Mironov A.Yu., Sinin A.V., Dorokhov V.B. The method of dialogue with the sleeping subject in the state of lucid dream, using respiratory movements. *Socialno-ecologicheskie tehnologii*. 2018. № 2. Pp. 83–107.

Введение

Состояние осознанного сновидения (ОС) – отдельное состояние психики во время фазы сна с быстрыми движениями глаз (БДГ) [Rechtschaffen, 1975], характеризующееся совмещением признаков сна и бодрствования и возникающее как спонтанно, так и в результате намеренной практики. Этому состоянию сопутствуют обычные физиологические признаки фазы БДГ, как они определены в сомнологической литературе: низкоамплитудная несинхронизированная активность на электроэнцефалограмме (ЭЭГ), быстрые движения глаз, регистрируемые на электроокулограмме (ЭОГ), пониженный тонус скелетных мышц (ЭМГ) [Ber и др., 2007] с локальными отличиями в активности коры [Dresler и др., 2012; Voss и др., 2009].

В то же время испытываемый во время ОС обладает ясностью мышления, сближающей это состояние с активным бодрствованием: он может помнить о ситуации эксперимента и других событиях перед непосредственным засыпанием, выполнять запланированные действия и, хотя наблюдает образы сновидения, осознает их нереальность [Tholey, 1980]. В отличие от обычного БДГ-сна со сновидениями, в состоянии ОС человеку доступны функции, в разных источниках рассматриваемые как «вторичное» или «высшее» сознание, включая произвольное внимание в среде сна, доступ к памяти, абстрактное мышление, когнитивный контроль поведения, память о намерениях [Baars, 1988; Tononi, Edelman, 1998; Kuiken, 2010; Koch и др., 2016].

Значимые отличия в физиологии бодрствования и БДГ-сна, такие, как преобладание моноаминэргической и холинергической активации соответственно [Hobson, 1992a], делают ОС перспективной моделью для изучения нейрофизиологических механизмов сознания и, в частности, минимальных нейронных коррелятов «измененного» состояния сознания, изолированных от общего физиологического фона бодрствования. Эта линия исследований была предложена рядом авторов [Crick, Koch, 1990; Hobson, 2009; Gackenbach, 2010; Nir, Tononi, 2010].

До лабораторного подтверждения реальности феномена ОС исследования опирались исключительно на самоотчеты; но с самого начала исследований высказывалось мнение, что для научной достоверности результатов необходима разработка метода двусторонней коммуникации между испытуемым и экспериментатором [Green, 1968; Tart, 1972]. Однако в настоящее время в исследованиях ОС применяется методика «осознанных сновидений, подтвержденных сигналами» (Signal-verified lucid dream), разработанная К. Хирном [Hearne, 1978] и С. Лабержем [LaBerge и др., 1981], основанная на связи между субъективным направлением взгляда испытуемого в сновидении и движениями его глаз [Hong и др., 2009]. Согласно данной методике, обученный испытуемый перед началом регистрации полисомнограммы получает инструкцию в случае осознания своего состояния во сне выполнить определенную серию движений глаз, после чего следуют иные действия во сне (зависящие от конкретного эксперимента). Движения глаз рассматриваются как сигналы для экспериментатора и регистрируются при помощи ЭОГ. После пробуждения испытуемый опрашивается о событиях сна и выполненных действиях. Сновидение признается осознанным в случаях, когда условный сигнал движениями глаз был зарегистрирован во время БДГ-сна и его выполнение упоминается в самоотчете испытуемого [LaBerge, 2010]. Таким образом соблюдается условие коммуникации.

Описанная методика [LaBerge, Levitan, Dement, 1986] допускает только одностороннюю передачу информации и содержит следующие ограничения:

1) недостаточная строгость критерия осознанности – инструкции, выученные и прорепетированные до эксперимента, могут быть выполнены на уровне автоматизма, в том числе во время медленных стадий сна [LaBerge, 1988; Stumbrys, Erlacher, 2012];

2) отсутствие возможности диалога со спящим в режиме реального времени.

Эти ограничения, даже при использовании универсальных кодирующих сигналов со стороны испытуемого, таких, как код Морзе [LaBerge, 1981], снижают информативность экспериментов, включая и сложные в других отношениях [Dresler и др., 2012; Voss и др., 2014].

Более того, широко распространены сообщения о «снах про ОС», когда мотивированный испытуемый убежден, что «осознался» во сне, но особенности описания сновидения (включающие прямые разговоры с исследователем, иррациональные действия и др.) свидетельствуют об отсутствии понимания своего состояния во время сна и, следовательно, сниженном уровне сознания; тем не менее сигналы в таком

сне могут совпасть с инструкцией и даже упоминаться в самоотчете [LaBerge, 1988]. Эту проблему могла бы решить динамическая проверка уровня осознанности с обратной связью в форме диалога.

Другая проблема традиционной методики состоит в том, что намеренные движения глазами во время ОС иногда могут сопровождаться повышением ЭЭГ-активности в альфа-диапазоне до уровней, превышающих 50% на эпоху (один из критериев состояния бодрствования), или наблюдаемым пробуждением, что, вероятно, объяснимо вынужденным переключением внимания сновидца со сцены сновидения; подача таких сигналов может затруднять удержание сновидца в состоянии сна [Hurd, Bulkeley, 2014, p. 71].

С целью создания новой методики, лишенной этих ограничений, необходимо предварительно решить три вопроса.

А. Выбор типа стимулов со стороны оператора к испытуемому.

На данный момент неизвестны теоретические причины, по которым двусторонняя коммуникация в состоянии ОС была бы невозможна. Тем не менее некоторые авторы сообщают об «изолированности» спящего субъекта от внешнего мира, его неспособности воспринимать события, происходящие в реальности, и даже применяют это как часть определения состояния ОС [LaBerge, 1988].

Действительно, в сновидении во время сна с быстрыми движениями глаз испытуемый воспринимает в первую очередь иллюзорную сцену сновидения и в меньшей степени – информацию от сенсорных анализаторов. Тем не менее показано, что поданные на фоне БДГ-сна тактильные [Koulack, 1969], слуховые [Kueny, 1985] и зрительные [LaBerge, Levitan, 1995] стимулы, чья интенсивность находится ниже порога пробуждения, часто вплетаются в сюжет сновидения, что получает отражение в самоотчете. В то же время они довольно часто оказываются искажены [Hearne, 1978, с. 36]. Субъективно значимые стимулы встраиваются в сюжет сновидения с большей вероятностью и отчетливостью [Koulack, 1969]; в особенности это верно для звука собственного голоса и собственного имени [Berger, 1963; Castaldo, Holzman, 1967].

Итак, решение поставленного вопроса (А) требует в первую очередь выбора модальности стимулов. Учитывая необходимость задавать спящему вопросы и передавать инструкции, слуховая модальность имеет очевидные преимущества.

Б. Выбор типа сигналов со стороны спящего испытуемого к оператору.

Известно, что во время сна с осознанным сновидением испытуемые способны воздействовать, помимо направления взгляда, на тонус мышц

конечностей (хотя и не достигая уровня мышечного тонуса, сравнимого с бодрствованием) [Fenwick и др., 1984; Erlacher, Schredl, 2008], и ритм дыхания [LaBerge, 1981].

Наши предыдущие наблюдения показывают, что использование ритма дыхания для передачи сигналов из сна не только возможно, но и имеет свои преимущества:

- 1) технически регистрировать дыхательные движения (и отслеживать их в режиме реального времени) гораздо проще, чем ЭОГ;
- 2) отправка сигналов дыханием не мешает ходу сновидения и естественному движению глаз в рамках текущего сюжета;
- 3) при должной тренировке сигналы дыханием обеспечивают высокую скорость отправки сигнала от спящего.

На основе этих аргументов, а также с учетом перспективы развития методики не только для научного, но и для привлечения более широкого круга испытуемых (сновидцев-любителей), основным каналом передачи сообщений со стороны спящего был выбран управляемый ритм дыхания.

В. Выбор критерия осознанности и способа его оценки.

Наконец, известно, что в состоянии ОС возможно выполнение задач, требующих когнитивного контроля, в частности, выполнение арифметических операций [LaBerge, Dement, 1982; Stumbrys, Erlacher, Schmidt, 2011]. Наши предыдущие наблюдения это подтверждают и показывают, что можно также говорить об обратном: в неосознанном (обычном) сновидении способность логически мыслить и выполнять вычисления у человека нарушена. Поэтому успешное выполнение простых арифметических задач может являться надежным признаком наличия определенных уровней сознания в состоянии ОС. Некорректные или ошибочные ответы на поставленные арифметические вопросы в таком случае являются индикатором снижения уровня осознанности, их прекращение – признаком ее потери, а последующее возобновление – признаком возврата в состояние ОС.

Задача

Таким образом, нами была поставлена задача создания методики диалога с испытуемым в состоянии осознанного сновидения посредством аудиальных сигналов со стороны исследователя и сигнализации дыхательными движениями со стороны испытуемого, которая должна обеспечить возможность:

- 1) задавать испытуемому вопросы, в том числе напрямую о сюжете сновидения, и получать от него ответы в режиме реального времени;

2) посылать ему инструкции в зависимости от содержания сновидения, о котором он сообщает, и получать отчеты об их выполнении;

3) в реальном времени достоверно оценивать наличие осознанности и изменение ее уровня;

4) сохранять ход и продолжительность осознанного сновидения без значимых нарушений, связанных с участием спящего в диалоге.

Решение данной задачи ввиду ее сложности мы разделили на несколько этапов:

1) пилотный этап – исследование принципиальной возможности осуществления диалога сновидец/экспериментатор;

2) проведение этих исследований с привлечением широкого круга сновидцев-любителей, практикующих ОС в домашних условиях, с использованием модификации методики диалога спящий испытуемый / экспериментатор на базе смартфонов для проведения экспериментов в удаленном режиме с использованием интернета;

3) завершающий этап – создание усовершенствованной методики, применимой для фундаментальных исследований нейрофизиологических механизмов функционирования сознания в состоянии ОС.

В настоящей статье изложены результаты первого, пилотного этапа.

Методы

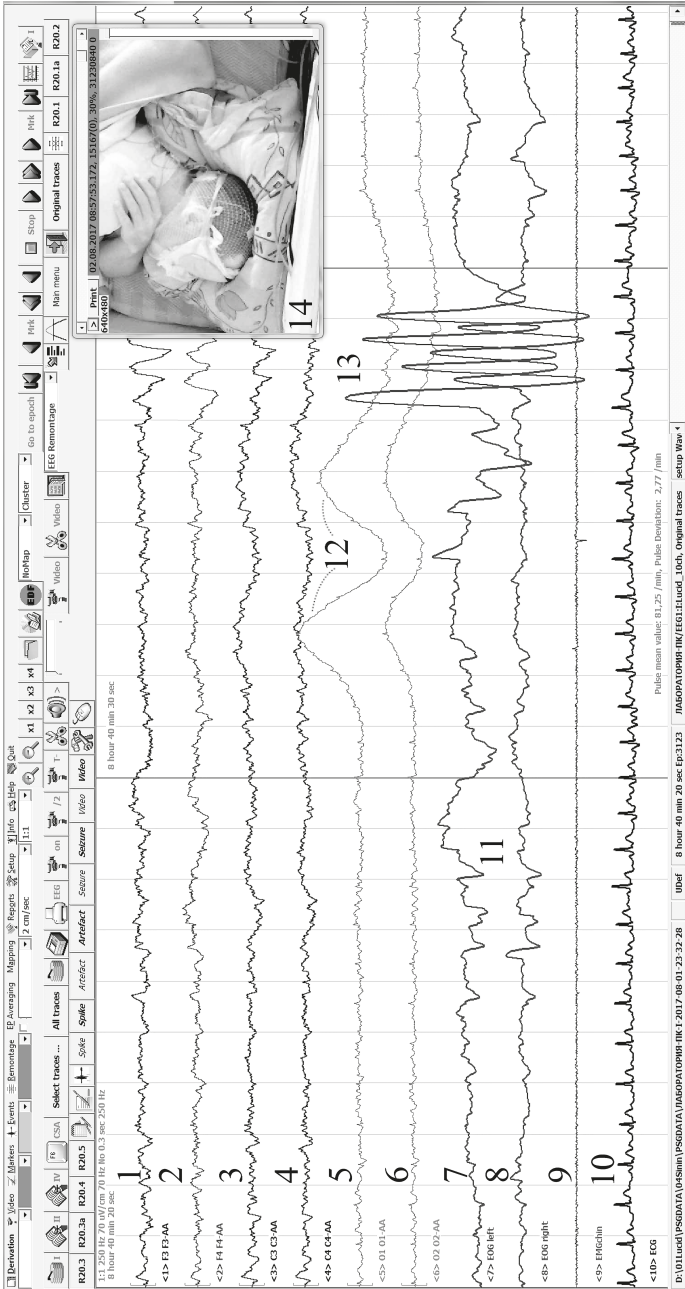
В пилотном исследовании, проводимом с целью первичной отработки методики, принимал участие один испытуемый (мужчина, 38 лет), без нарушений сна, не имеющий поражений ЦНС и не принимающий лекарств во время проведения экспериментов, с большим опытом осознания во сне при использовании звуковых подсказок, в рамках самостоятельно разработанной методики [Синин, 2017]. Испытуемый был информирован о цели исследований и дал добровольное согласие на участие в них. Опыты проводили в ночное и утреннее время. Протоколы экспериментов были одобрены этической комиссией Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии человека РАН.

Первая серия экспериментов проводилась в условиях лаборатории со следующими целями:

1) получение качественных полисомнографических данных и их анализ;

2) проверка способности испытуемого к стабильным осознанным сновидениям;

3) проверка способности испытуемого инициировать ОС нормальной продолжительности на фоне звукового сопровождения (аудиофайлы, записанные собственным голосом испытуемого);



4) проверка способности испытуемого передавать сигналы из ОС движением глаз и управляемым ритмом дыхания.

По всем пунктам были получены необходимые подтверждения, всего было проведено 5 ночных записей, в 4 из которых были зарегистрированы ОС с передачей сигналов (рис. 1).

Однако качество сна в непривычных условиях лаборатории сильно снижается, а стадия БДГ частично депривируется, что снижает эффективность исследовательской работы. Поэтому дальнейшие эксперименты были переведены в привычные для испытуемого домашние условия, с регистрацией полисомнограммы.

При проведении экспериментов в домашних условиях продолжительность стадий БДГ восстановилась. На этом этапе эксперимента была выполнена регистрация еще 15 записей ночного сна, в 13 из которых с испытуемым велась коммуникация по рассматриваемой ниже схеме. Эксперименты в данной серии состояли из четырех основных этапов (рис. 2).

На подготовительном этапе эксперимента (15–60 мин, см. рис. 2, 1) выполнялось тестирование оборудования. Для регистрации физиологических данных использовали миниатюрный беспроводной 8-канальный усилитель.

Рис. 1. Полисомнограмма осознанного сновидения с сигналами движениями глаз в лабораторных условиях на многоканальном полисомнографе: 1–6 – каналы ЭЭГ; 7, 8 – ЭОГ; 9 – ЭМГ; 10 – ЭКГ. Отмечаются характерные признаки БДГ-сна: отсутствие альфа-ритма на затылочных отведениях (5–6), несинхронизированная ЭЭГ в целом (1–6), хаотичные быстрые движения глаз (12), низкий мышечный тонус (9). События: артефакт, связанный с возникновением ЭДР (электродермальной реакцией) на двух затылочных отведениях ЭЭГ (12); сигнал в виде 4-х горизонтальных движений глазами (13). Видеомониторинг испытуемого (14). Абсцисса – время, с

Fig. 1. Recording of a signal-verified lucid dream in laboratory condition with multichannel PSG device: 1–6 are EEG channels; 7, 8 – EOG; 9 – EMG; 10 – ECG. Observed rapid eye movement (REM) sleep hallmarks are: absence of alpha rhythm in occipital derivations (5, 6), unsynchronized EEG (1–6), chaotic rapid eye movements (7, 8), low muscle tone (9). Events: artifact linked to electrodermal activity (EDA) reaction, typical for lucid dreams (12); signal in the form of 4 horizontal eye movements (13). The subject was being monitored through video stream (14). X-axis is time in seconds

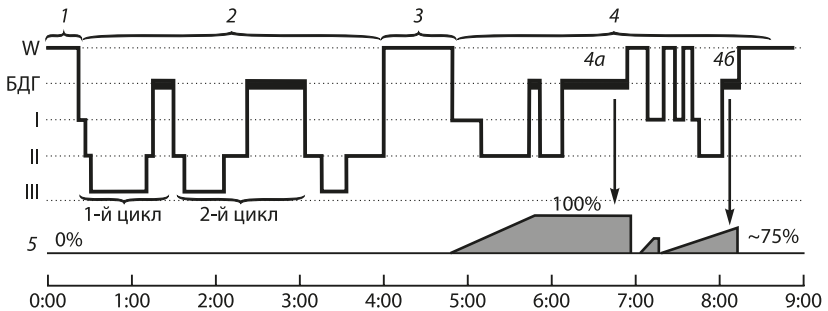


Рис. 2. Общая схема эксперимента, гипнограмма:

1 – тестирование оборудования, тренировка сигналов, запись спокойного бодрствования (W); 2 – пассивный этап (дольше двух циклов сна); 3 – первое пробуждение, подготовка к коммуникационному этапу; 4 – коммуникационный (основной) этап эксперимента с прерываниями сна для записи отчетов (если необходимо), 4а, 4б – БДГ-сон с осознанием и коммуникацией. Аудиосигнал (5) отключен на этапах 1, 2 и 3. Далее громкость плавно повышается, чтобы достичь максимума во время фазы БДГ. При затруднениях с засыпанием громкость снижалась вручную до 0%, после чего плавно увеличивалась.

По оси ординат на гипнограмме стадии сна:

W – бодрствование; БДГ – фаза сна с быстрыми движениями глаз;
I, II, III – стадии медленного сна. Абсцисса – время, ч

Fig. 2. General timeline of the experiment, hypnogram:

1 – equipment test, signaling training, calm wakefulness recording (W); 2 – passive stage of the experiment (more than 2 cycles of sleep); 3 – first awakening, preparation for the main stage; 4 – communication (main) stage of the experiment, with sleep interruption for dream reports (if needed), 4a, 4b – REM sleep with lucidity and communication. Audio signal (5) was muted for stages 1, 2 and 3.

At the beginning of stage 4 its volume was gradually increased, with the intent of reaching the maximum in REM sleep. In case of trouble with falling asleep, the volume was manually reset to 0%, then it proceeded to increase again.

Y-axis of the hypnogram represents sleep stages:

W – wakefulness; БДГ is REM sleep; I, II, III – stages of NREM sleep. X-axis is time in hours

После установки регистрирующего оборудования и начала регистрации проводилась проверка сигналов, используемых при коммуникации в основной части эксперимента, и тренировка движений: испытуемому, уже лежащему в постели, подавались звуковые стимулы, которые представляли собой либо устные инструкции выполнить серию движений глазами вправо-влево и/или коротких последовательных циклов дыхания (например, «5 глазами, потом дыханием»; «6 дыханием», «10 дыханием, потом глазами» и т.д.), в среднем 5 серий, либо серии звуковых

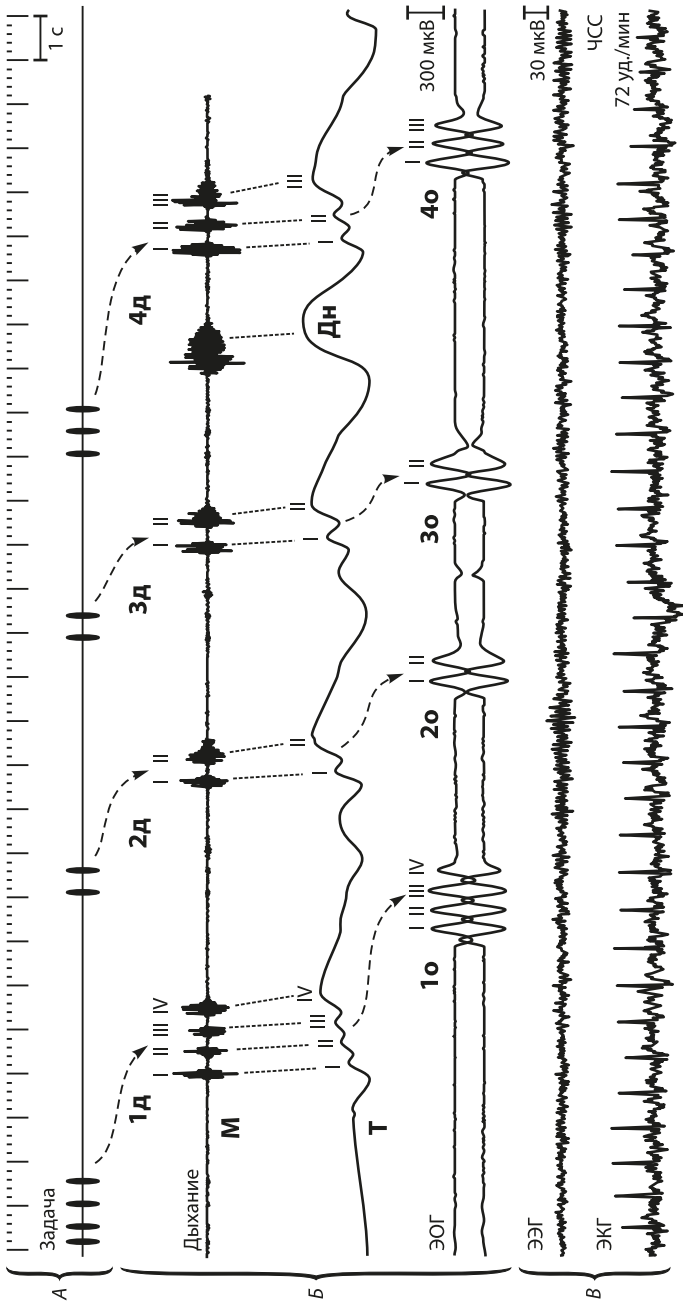
коротких импульсов с инструкцией повторить их количество движениями глаз и/или движением глаз в той или иной последовательности. Для проверки качества регистрации дыхания по записи, выполненной разными датчиками, в одном эксперименте велась параллельная регистрация с микрофона и терморезистора (рис. 3). В большинстве экспериментов дыхательные движения регистрировались с помощью терморезистора.

Далее шла регистрация 5-минутного фона (спокойного бодрствования с закрытыми глазами при включенном свете) для получения сравнительных данных, после чего свет выключался и эксперимент переходил ко второму этапу.

Известно, что относительная доля БДГ-сна увеличивается в утренние часы [McCarley, 2007]; кроме того, вероятность, ожидаемые продолжительность и субъективная яркость ОС достигают максимума после краткого пробуждения в начале стадии БДГ на втором или более позднем цикле ночного сна [LaBerge, Phillips, Levitan, 1994]. В то же время после долгого сна могли возникнуть трудности с засыпанием. Поэтому на пассивном этапе эксперимента испытуемый спал без внешних воздействий в течение времени, близкого к 3 циклам нормального сна (2,5–4,5 часов, см. рис. 2, 2). Этот подход хорошо известен в среде практикующих осознанные сны и именуется «практика перерыва сна».

Во время перерыва сна (15–60 мин, см. рис. 2, 3), который инициировался спонтанным пробуждением или таймером, испытуемый повторял инструкции коммуникационного этапа эксперимента: обозначить момент осознания во сне условленным сигналом и выполнять дальнейшие команды, которые он услышит. Чаще всего эти команды предполагали выполнение арифметических задач в состоянии ОС и отправку ответов кодовыми сигналами движения глаз и/или дыханием. После повторения инструкции и проверки оборудования испытуемый надевал специальные наушники и начиналась подача аудиостимула с плавным нарастанием громкости. После чего испытуемый еще раз выполнял тренировку сигналов и возвращался ко сну.

Если засыпание оказывалось затруднено, то громкость звука сбрасывалась до 0% посредством нажатия на специальную кнопку, плавный рост громкости возобновлялся, чтобы дать испытуемому необходимое время для погружения в сон на фоне тишины. В большинстве случаев громкость звука достигала порога восприятия уже во время медленной фазы сна, а максимального уровня – во время стадии БДГ. Нарушений сна и цикличности стадий у испытуемого при таком подходе не наблюдалось.



Коммуникационный этап (до окончательного пробуждения, см. рис. 2, 4) чаще всего представлял собой сон на фоне зацикленного воспроизведения звукозаписи, содержащей стимульный материал. Текст записи был зачитан самим испытуемым накануне эксперимента (предшествующие данному исследованию пробы показали, что звук собственного голоса с меньшей вероятностью приводит к пробуждению, чем другие надпороговые стимулы).

Оптимальным вариантом скорости повышения громкости аудиостимула оказалась такая, при которой засыпание производилось практически в полной тишине, основной рост громкости происходил на фоне медленного сна, а максимальный уровень (75–100% от установленного как норма в бодрствовании) достигался к началу БДГ-сна (см. рис. 2, 5). В таком случае происходит пассивное привыкание к интенсивности стимула и звук из состояния осознанного сна оказывается отчетливо слышен, но не приводит к пробуждению или нарушению естественного сюжета сновидения.

При предъявлении испытуемому арифметических задач, инструкции на аудиозаписи следовали с интервалами в 30 с блоками по 4–8 эпизодов. В разные сессии использовались разные файлы и задачи, чтобы

Рис. 3. Тренировка подачи сигналов в состоянии бодрствования с закрытыми глазами, полисомнограмма:

А – предъявление задач сериями звуковых щелчков (4, 2, 2, 3); **Б** – примеры регистрации сигналов испытуемого; **В** – электрофизиологические показатели: ЭЭГ (О1) и ЭКГ.

Испытуемый вначале дает ответы (повторяет количество щелчков) дыханием, а затем дублирует ответ движениями глаз. Дыхание регистрируется микрофоном (М) и термистором (Т). Все средства регистрации позволяют распознать в сигналах 1 д/о, 2 д/о, 3 д/о, 4 д/о – правильное количество движений, соответствующее инструкции (4, 2, 2, 3). Отдельные движения помечены римскими цифрами. Дн – естественный выдох. Абсцисса – время, отрезок 1 с

Fig. 3. Training of signaling during waking with eyes closed:

A – presentation of the tasks via series of audible clicks (4, 2, 2 and 3); **B** – example of registration of the subject's responses; **C** – electrophysiological activity: EEG (O1) and ECG.

The subject initially answers (repeats the number of clicks) with breathing, then repeats it with eye movements. The breathing is recorded with microphone (M) and thermistor (T). All means of registration allow to recognize the correct number of movements corresponding to the instruction (4, 2, 2 and 3) in signals 1 d/o, 2 d/o, 3 d/o, 4 d/o. Roman numerals indicate individual movements. Дн is a normal exhalation. X-axis is time, with 1 second segment for scale

исключить привыкание и развитие автоматизма при отправке сигналов. Аудиозапись, помимо задач, содержала периодические напоминания, что испытуемый находится в состоянии сна и участвует в эксперименте («Ты спишь! Это эксперимент! Вспомни про цель!»). Инструкции в каждом эпизоде содержали два числа, указание на арифметическую операцию (сложение или вычитание), а также желательный способ отправки испытуемым сигнала, содержащего в закодированном виде решение задачи («Сколько будет 6 минус 3? Поддай сигнал дыханием, затем глазами»). Корректное решение находилось в диапазоне от 2 до 10.

Пример такого диалогового взаимодействия показан на рис. 4. Интересно отметить возникновение на затылочном канале О1 медленных колебаний (1), соответствующих электродермальной реакции, по-видимому, связанной с эмоциональной реакцией испытуемого [Дорохов и др., 2000]. Мы зафиксировали такого рода реакцию в более чем 50% случаев ОС с передачей сигналов (см. рис. 1, 12; рис. 4, 1). Это явление описано в других публикациях как часто сопутствующее осознанию во сне [LaBerge и др., 1983].

В случае, когда испытуемый понимал, что находится в состоянии сна (как в связи с напоминающим стимулом, так и спонтанно), т.е. переживает осознанное сновидение, он выполнял два (или более) горизонтальных движения глазами и ждал арифметической задачи, поддерживая осознанность сновидения. Услышав задачу, он выполнял вычисление и передавал ответ согласно инструкции (либо спонтанно выбирая способ передачи сигнала глазами или дыханием) и ожидал следующей инструкции с арифметической задачей (см. рис. 2, 4; рис. 4).

После каждого пробуждения испытуемый диктовал подробный отчет, используя портативный диктофон, стараясь вспомнить и зафиксировать все малейшие детали опыта. По достижении 2–3 успешных опытов с ОС, либо 8–9 часов сна (за вычетом перерыва), либо в случае утомления испытуемого эксперимент завершался. Текстовый отчет производился в течение дня.

В ходе лабораторного эксперимента исследователь делал пометки о стадиях сна, ответах испытуемого и других значимых событиях по ходу ночной регистрации. В домашней серии подробный анализ записи, обсуждения и планирование следующей экспериментальной сессии выполнялись в тот же или на следующий день после окончания эксперимента.

Запись полисомнограммы начиналась после подачи пробных сигналов в бодрствовании и завершения монтажа датчиков. В лабораторных условиях для регистрации полисомнограммы применялся 15-канальный

усилитель (Sagura Medizintechnik, Германия 2018), в одном случае параллельно с усилителем BR-8. В домашних условиях использовался миниатюрный беспроводной 8-канальный биоусилитель сигналов, устанавливаемый на голове испытуемого, разработанный в лаборатории нейробиологии сна и бодрствования Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии человека РАН [Трощенко, Дорохов, 2015], совместно с А. Трощенко [Трощенко, 2017]. Чашечковые электроды фиксировались на пасту ЕС2 и гипоаллергенный пластырь в свободных от волос участках.



Рис. 4. Диалог во время БДГ-сна, полисомнограмма.

Представлен эпизод с 5 вопросами и 5 ответами. Задача: предъявление инструкции (задачи) испытуемому.

Ответы испытуемого посредством дыхания и движениями глаз (ЭОГ). 1. Задача «6 – 2», ответы: 1д – 4 регулярных пика, отражающих ответы дыхательными движениями (короткие выдохи-вдохи); 1о – 4 движения глазами (вправо-влево). 2. 2о, 2д – ответ на вопрос «4 + 3» сначала глазами, затем дыханием (в данном случае сигнал дыханием хуже различим). 3. 3о – ответ на вопрос «2 + 3» только сигналом движения глаз, при этом неразборчиво (комментарий испытуемого: «сюжет сновидения сильно отвлек от диалога и осознанность понизилась»). 4. 4о, 4д – ответ на вопрос «8 – 4» («осознанность к этому моменту вернулась на высокий уровень»). 5. 5д – ответ на вопрос «9 – 6» дыханием («два раза, для уверенности, что сигнал будет четко зафиксирован»). После этого произошло пробуждение; весь опыт длился около трех минут, что нормально для ОС такого рода.

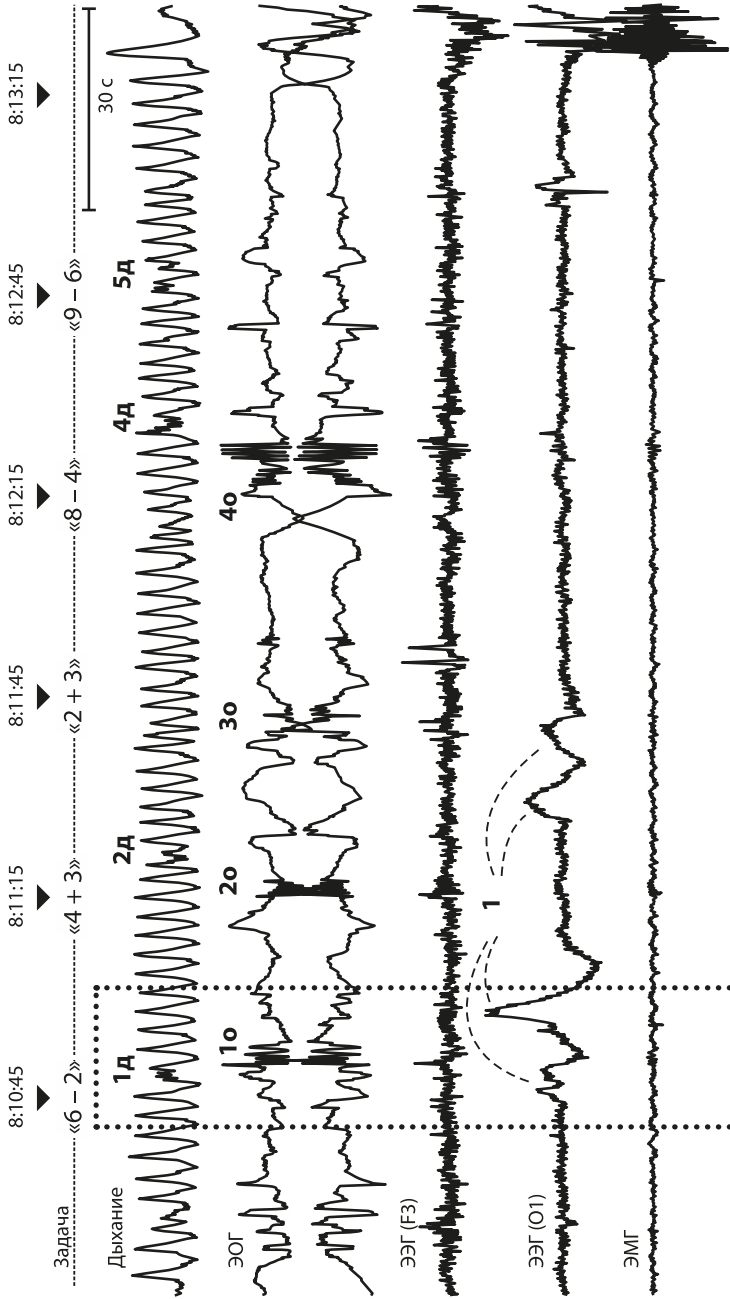
В нижней части рисунка ответ на первую задачу в увеличенном масштабе; видна нерегулярная активность на ЭЭГ, типичная для БДГ-сна, и электродермальные реакции (1). Абсцисса – время, отрезок 30 с

Fig. 4. Dialogue during REM sleep, polysomnogram.

An episode with 5 tasks and 5 answers. Задача – presentation of the instruction (arithmetic task) to the subject. Subject's answers: via breathing (Дыхание) and eye movements (ЭОГ).

1. Task «6 – 2», answers: 4 regularly spaced peaks corresponding to the breathing movements (rapid exhalations and inhalations) – 1д; 4 ocular (right-left) movements – 1о. 2. 2о, 2д – answers to the «4 + 3» task, with eye movements coming first (in this case breathing movement is less discernible). 3. 3о is an answer with ocular movements only to «2 + 3», poorly legible (subject's commentary: «the dream narrative has distracted me and lucidity diminished»). 4. 4о, 4д – answers to «8 – 4» («lucidity was restored by then»). 5. 5д is an answer to «9 – 6» with breathing only («twice, to be sure that the signal will be recorded clearly»). After that the awakening happened; the experience continued for about 3 minutes, which is normal for this kind of lucid dreams.

Lower half of the figure displays magnified answers to the first task; irregular EEG activity typical for REM sleep, and electrodermal activity reaction (1) are visible. X-axis is time, with a 30 s section for scale



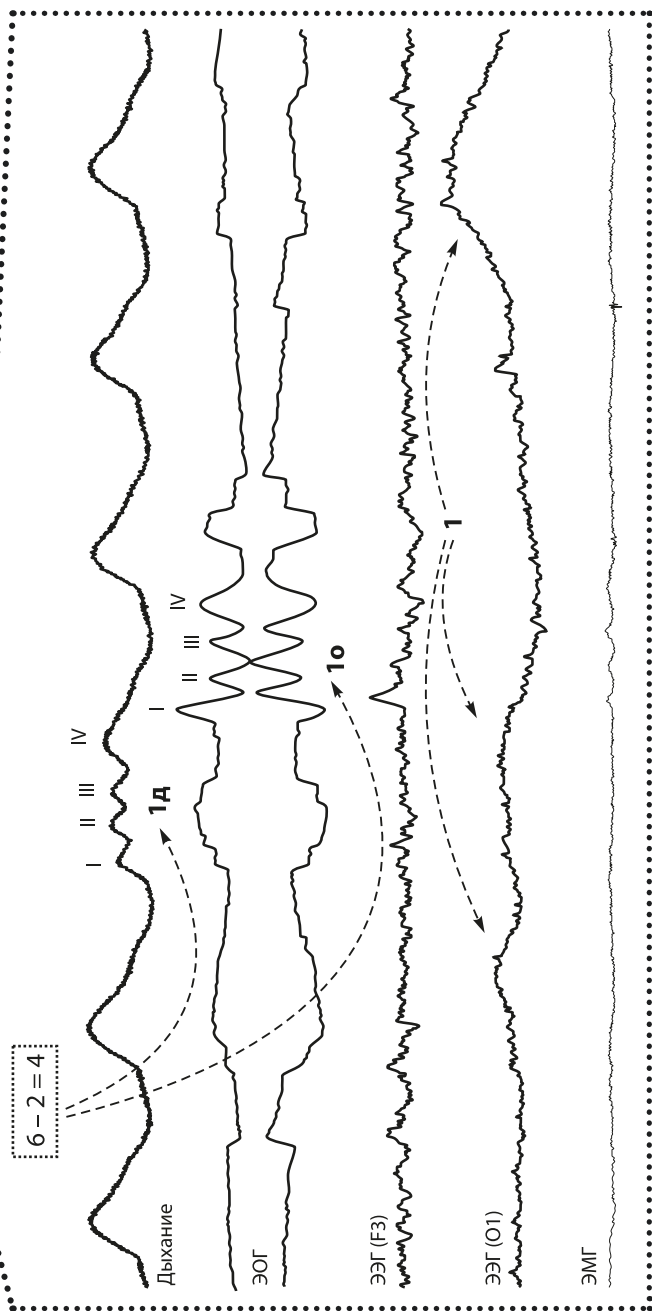


Рис. 4. Диалог во время БДГ-сна, полисомнограмма
Комментарии см. с. 97

Регистрировались ЭЭГ от 2 до 4 каналов (О1 и F3 по схеме 10–20 использовались во всех случаях), ЭМГ подчелюстной области, ЭОГ (монтаж Е1–Е2, для различения горизонтальных и вертикальных движений глаз) и сигнал дыхания при помощи (в разной комбинации):

- 1) двух терморезисторных датчиков;
- 2) двух микрофонных датчиков (электретные);
- 3) трехосевого акселерометра.

Акселерометр был встроен в корпус миниатюрного биоусилителя, который устанавливался на голову, плечо или грудь испытуемого (в поисках оптимального расположения для регистрации ритма дыхания). Датчики дыхания (микрофонные или терморезисторные) закреплялись пластырем на лице испытуемого так, чтобы их чувствительные элементы находились на пути выходящего из ноздрей воздуха; при этом микрофонный датчик регистрировал преимущественно не звук дыхания, а попадание струи воздуха на чувствительную мембрану. Именно этот подход позволяет максимально точно регистрировать сигналы дыханием.

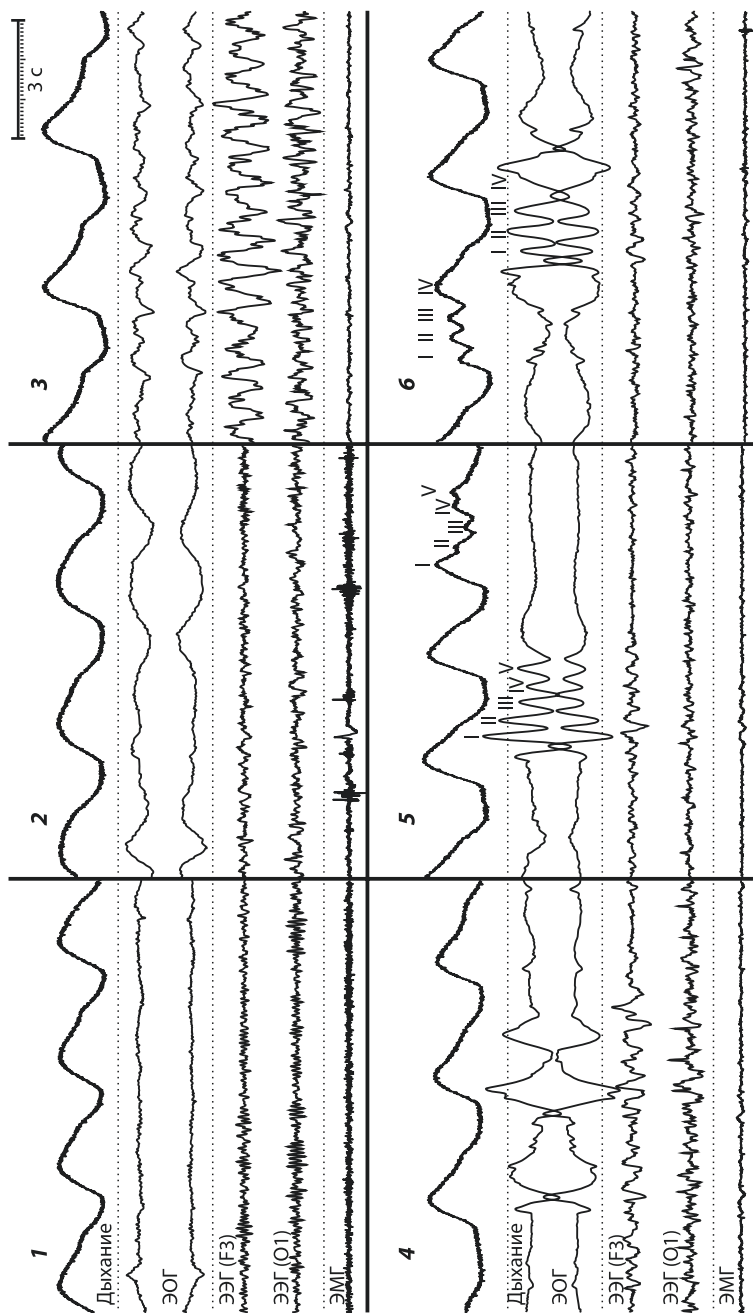
Рис. 5. Полисомнографическая запись в разных состояниях:

1 – эпизоды спокойного бодрствования; 2 – эпизоды дремоты; 3 – эпизоды глубокого сна (3-я стадия); 4 – эпизоды обычного БДГ-сна; 5 и 6 – эпизоды БДГ-сна с коммуникацией в состоянии ОС: сигналы движениями глаз и дыханием. Типичные признаки: во время бодрствования (1) – альфа-ритм ЭЭГ в затылочных отведениях; во время глубокого сна (3) – высокоамплитудный дельта ритм ЭЭГ; БДГ-сон (4–6) – отсутствие альфа-ритма, несинхронизированная активность на ЭЭГ и высокая глазодвигательная активность, низкий миографический тонус (ЭМГ). Каналы полисомнограммы (сверху вниз): дыхание (терморезистор); 2 канала ЭОГ; 2 канала ЭЭГ (F1, O1); ЭМГ. По оси абсцисс: время, отрезок 3 с для масштаба

Fig. 5. Polysomnography in different states.

Episodes of: 1 – calm wakefulness; 2 – drowsiness; 3 – deep sleep, 4 – regular REM sleep, 5 and 6 – REM sleep with communication: eye movement and breathing movement signals. Typical signs: during waking (1) – alpha rhythm in occipital derivations; during NREM stage 3 sleep (3) – high-amplitude EEG delta rhythm; in REM sleep (4–6) – absence of alpha rhythm, non-synchronized EEG, rapid eye movements, low muscle tone.

PSG channels from top to bottom: breathing (thermistor); 2 EOG channels; 2 EEG channels (F3 and O1); EMG. X-axis is time, with 3 s section for scale



Терморезисторный датчик определял дыхание благодаря тому, что выходящий из легких воздух имеет температуру выше комнатной и нагревает чувствительный элемент, меняя его сопротивление. Также в некоторых случаях регистрировались: ЭКГ, электродермальная активность кожи (с пальцев рук или на различных отведениях ЭЭГ), мышечный тонус подушечек пальцев рук.

Все показатели в целях точной синхронизации фиксировались одной компьютерной программой в рамках единой сессии. Контроль исследователя за экспериментом в лабораторных условиях осуществлялся удаленно из соседней комнаты. Переговоры производились при непосредственном контакте или посредством звукового микшера и подключенных дополнительных устройств (микрофон, специальные наушники, выход на записывающее устройство и т.д.). В домашних условиях внешний контроль в реальном времени отсутствовал, а коммуникация осуществлялась между испытуемым и специально разработанной компьютерной программой, производящей манипуляции с громкостью, подающей инструкции и проигрывающей аудиофайлы.

Стадирование сна выполнялось визуально [Silber и др., 2007] согласно критериям AASM [Iber и др., 2007]. Примеры стадий сна представлены на рисунке 5.

Результаты и обсуждение

Всего была проведена регистрация 20 сессий ночного сна, соответственно, 5 в лабораторных и 15 в домашних условиях. Во всех 5 лабораторных и в 13 домашних экспериментах испытуемому подавались стимулы согласно описанной методике коммуникации. В 4 лабораторных экспериментах и в 10 экспериментах в основной (домашней) серии испытуемый сообщил об эпизодах осознания во время сновидений, что и было подтверждено оговоренными сигналами глаз и дыхания при коммуникации во время БДГ-сна. Продолжительность коммуникации составляла от 1 с (немедленное пробуждение) до 3 мин и возрастала в более поздних экспериментах. Испытуемый, находясь в состоянии сна и субъективно воспринимая окружение сна (что отражено в самоотчетах), помнил о задаче эксперимента и был способен как воспринимать внешние стимулы, так и выполнять полученные из них арифметические задачи и инструкции. Сообщаемый после задачи порядок подачи ответов (дыханием и движениями глаз) соблюдался в большинстве случаев, когда можно было наблюдать обе формы ответа. В большинстве случаев оценка значения поданного ответа по записи совпадала или не более чем на 1 (5 вместо 6, 4 вместо 3 и т.д.) отличалась от самоотчета

испытуемого, который соответствовал правильному ответу на задачу. Ошибка может быть связана со сложностью распознавания начала и конца движения на записи, особенно в случае движений глаз; таким образом уместно заключить, что испытуемый действительно отвечал со сравнимой или большей точностью и коммуникация была успешной.

Сравнение записи ритма дыхания при помощи микрофонов и терморезисторов, устанавливаемых возле носа, и записи дыхательных движений при помощи акселерометра, показало, что надежность идентификации ритма дыхания и подаваемых сигналов максимальна при применении микрофонов и снижается в случае терморезисторов (см. рис. 2), однако даже данные акселерометра могут иметь достаточную точность при определенной обработке.

Разработанный нами метод диалога в состоянии ОС представляет отдельный интерес для обсуждения механизма, лежащего в основе стабильного пребывания сновидца в состоянии, когда он осознан и в высокой степени чувствителен ко внешним звуковым стимулам, но не пробуждается. Этот аспект диссоциативности ОС, или смешения типичных признаков сна и бодрствования [Voss и др., 2009], до сих пор не получал освещения в литературе, более того, он противоречит предыдущим данным о незначительной способности испытуемых в состоянии ОС получать данные от органов чувств. Он усложняет и расширяет пространство, занимаемое ОС, на общей карте обнаруженных состояний сознания [Hobson, 1992b].

После окончания описанной серии экспериментов методу диалога с сигналами дыханием был обучен ряд добровольцев, практикующих осознанные сновидения под руководством А. Синина, и процедура была адаптирована для применения в домашних условиях. Для регистрации дыхания была разработана программа для операционной системы Android (SleepVisor), анализирующая данные акселерометра смартфона, который устанавливался на грудной клетке на эластичном креплении. Алгоритм обработки данных дыхания позволяет не только обнаружить подаваемые в рамках диалога сигналы, но и различить по ритму дыхания разные состояния сновидца: бодрствование, поверхностный и глубокий сон, и также фазу БДГ. Использование акселерометра смартфона для регистрации дыхания, а также модификация этой методики с использованием удаленного доступа через Интернет значительно упрощают участие энтузиастов-сновидцев в исследованиях ОС, поскольку снимают необходимость дорогого оборудования и помощи специалистов. Предварительно полученные результаты с использованием модифицированной методики диалога в состоянии ОС с участием

энтузиастов-сновидцев показали возможность проведения исследовательского метода диалога в состоянии ОС на большом количестве испытуемых, находящихся в домашних условиях и связанных по Интернету с экспериментатором.

Заключение

Настоящая серия экспериментов показывает возможность и применимость методики диалога с испытуемым в состоянии осознанного сновидения. В частности, подтверждено, что подготовленный испытуемый (сновидец) способен в состоянии, неотличимом по электрофизиологическим признакам от обычного БДГ-сна: воспринимать внешние события; сознательно следовать своим планам; выполнять когнитивно сложные операции; передавать информацию внешнему наблюдателю. Эта методика открывает новые перспективы в контролируемом исследовании данного состояния сознания. Она решает две из четырех поставленных нами подзадач исследования, а именно: в реальном времени достоверно оценивать изменение уровня осознанности испытуемого; сохранять ход и продолжительность осознанного сновидения без значимых нарушений, связанных с участием спящего в диалоге. Более подробное доказательство ее применимости для решения двух других подзадач (задавать испытуемому вопросы о сюжете сновидения и получать ответы в режиме реального времени; посылать инструкции в зависимости от содержания сновидения и получать отчеты об их выполнении), а также количественный анализ результатов, планируется представить в следующих публикациях.

Библиографический список / References

1. Дорохов В.Б. и др. Электродермальные показатели субъективного восприятия ошибок в деятельности при наступлении дремотного состояния // Журнал высшей нервной деятельности. 2000. Т. 50. № 2. С. 206–218. [Dorokhov V.B. et al. The electrodermal indices of the subjective perception of performance errors during drowsy changes in consciousness. *Zh Vyssh Nerv Deiat Im I P Pavlova*. 2000. Vol. 50 (2). Pp. 206–218.]
2. Синин А.В. Алгоритм БДГ-активации // НИЛСС. URL: <http://nilss.org/bdga/> (дата обращения: 28.02.2018). [Sinin A.V. Algoritm BDG-aktivacii [REM-activation algorithm]. URL: <http://nilss.org/bdga/> (accessed: 28.02.2018).]
3. Трошенко А.Г. BR8 – BioRecorder. URL: <http://biorecorder.com/ru/br8v1.html> (дата обращения: 28.02.2018). [Troschenko A.G. BR8 – BioRecorder. URL: <http://biorecorder.com/ru/br8v1.html> (accessed: 29.06.2018).]
4. Трошенко А.Г., Дорохов В.Б. Беспроводной двухканальный усилитель биопотенциалов. URL: http://www.sleep.ru/othernews/u_bio.htm (дата обращения: 09.02.2018). [Troschenko A.G., Dorokhov V.B. Besprovodnoj dvuhkanalnyj usilitel

biopotencialov [Wireless two-channel biopotentials amplifier]. URL: http://www.sleep.ru/othernews/u_bio.htm (accessed: 09.07.2018).]

5. Baars B.J. *A Cognitive Theory of Consciousness*. Cambridge, 1988.
6. Basheer R. et al. Adenosine and sleep – wake regulation. *Prog Neurobiol*. 2004. Vol. 73. Pp. 379–396.
7. Berger R.J. Experimental modification of dream content by meaningful verbal stimuli. *Br. J. Psychiatry*. 1963. Vol. 109. № 463. Pp. 722–740.
8. Castaldo V., Holzman P.S. The effects of hearing one's own voice on sleep mentation. *J. Nerv. Ment. Dis.* 1969. Vol. 148 (1). Pp. 74–82.
9. Crick F., Koch C. Towards a neurobiological theory of consciousness. *Semin. Neurosci*. 1990. Vol. 2. Pp. 263–275.
10. Dresler M et al. Neural correlates of dream lucidity obtained from contrasting lucid versus non-lucid REM sleep: a combined EEG/fMRI case study. *Sleep*. 2012. Vol. 35. № 7. Pp. 1017–1020.
11. Erlacher D., Schredl M. Do REM (lucid) dreamed and executed actions share the same neural substrate? *Int. J. Dream Res*. 2008. T. 1. № 1. Pp. 7–14.
12. Ermis U., Krakow K., Voss U. Arousal thresholds during human tonic and phasic REM sleep. *J. Sleep Res*. 2010. Vol. 19. № 3. Pp. 400–406.
13. Fenwick P. et al. Lucid dreaming: correspondence between dreamed and actual events in one subject during REM sleep. *Biol. Psychol*. 1984. Vol. 18. № 4. Pp. 243–252.
14. Gackenbach J. Psychological considerations in pursuing lucid dreaming research. Commentary on “The neurobiology of consciousness : Lucid dreaming wakes up” by J. Allan Hobson. *Int. J. Dream Res*. 2010. Vol. 3. № 1. Pp. 11–12.
15. Green C.E. *Lucid dreams*. Oxford, 1968.
16. Hearne K.M. *Lucid dreams: an electro-physiological and psychological study*. Dr. Diss. Liverpool Univ. 1978.
17. Hobson A. The Neurobiology of Consciousness: Lucid Dreaming Wakes Up. *Neurobiol. Conscious*. 2009. Vol. 2. № 2. Pp. 41–44.
18. Hobson J.A. Sleep and dreaming: induction and mediation of REM sleep by cholinergic mechanisms. *Curr. Opin. Neurobiol*. 1992a. Vol. 2. № 6. Pp. 759–763.
19. Hobson J.A. A new model of brain–mind state: Activation level, input source, and mode of processing (AIM). *Neuropsychol. sleep dreaming*. 1992b. Vol. 12. Pp. 227–245.
20. Hong C.C. et al. fMRI evidence for multisensory recruitment associated with rapid eye movements during sleep. *Hum. Brain Mapp*. 2009. Vol. 30. № 5. Pp. 1705–1722.
21. *Lucid Dreaming: New Perspectives on Consciousness in Sleep: New Perspectives on Consciousness in Sleep*. Hurd R., Bulkeley K. (eds.). Oxford, 2014.
22. Iber C. et al. The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events: Rules Terminology and Technical Specifications. 2007. URL: https://www.researchgate.net/publication/285881487_The_AASM_Manual_for_the_Scoring_of_Sleep_and_Associated_Events_Rules_Terminology_and_Technical_Specifications
23. Koch C. et al. Neural correlates of consciousness: progress and problems. *Nat. Rev. Neurosci*. 2016. Vol. 17. № 5. Pp. 307–321.
24. Koulack D. Effects of somatosensory stimulation on dream content. *Arch. Gen. Psychiatry*. 1969. Vol. 20. № 6. Pp. 718–725.
25. Kueny S. Auditory cueing in REM sleep for the induction of lucid dreaming. Unpubl. Dr. Diss. Pacific Grad. Sch. Psychol. Menlo Park. CA. 1985.

26. Kuiken D. Primary and secondary consciousness during dreaming Commentary on “The neurobiology of consciousness : Lucid dreaming wakes up” by J. Allan Hobson. *Int. J. Dream Res.* 2010. Vol. 3. № 1. Pp. 21–25.
27. LaBerge S et al. The psychophysiology of lucid dream initiation. Psychophysiology. Washington, 1983. P. 455.
28. LaBerge S. Conscious Mind, Sleeping Brain. Oxford, 1988. Pp. 10–11.
29. LaBerge S., Dement W.C. Voluntary control of respiration during REM sleep. *Sleep Res.* 1982. Vol. 11. Pp. 107.
30. LaBerge S., Levitan L. Validity established of DreamLight cues for eliciting lucid dreaming. *Dreaming.* 1995. Vol. 5. № 3. Pp. 159.
31. LaBerge S., Levitan L., Dement W. Lucid dreaming: Physiological correlates of consciousness during REM sleep. *J. Mind Behav.* 1986. Vol. 7. № 2–3. Pp. 251–258.
32. LaBerge S., Phillips L., Levitan L. An hour of wakefulness before morning naps makes lucidity more likely. *Night Light.* 1994. Vol. 6. № 3. Pp. 1–4.
33. LaBerge S.P. et al. Lucid dreaming verified by volitional communication during REM sleep. *Percept. Mot. Skills.* 1981. Vol. 52. № 3. Pp. 727–732.
34. LaBerge S.P. Lucid dreaming: An exploratory study of consciousness during sleep. PhD thesis. Stanford University. 1980.
35. LaBerge S.P. Signal-verified lucid dreaming proves that REM sleep can support reflective consciousness: Commentary on “The neurobiology of consciousness : Lucid dreaming wakes up” by J. Allan Hobson. *Int. J. Dream Res.* 2010. Vol. 3. № 1. Pp. 26–27.
36. McCarley R.W. Neurobiology of REM and NREM sleep. *Sleep Med.* 2007. Vol. 8. № 4. Pp. 302–330.
37. Medizintechnik D.S. L64 EEG/PSG Data Acquisition Amplifier System. URL: <http://l64.sagura.royalmedicals.com/>.
38. Nir Y., Tononi G. Dreaming and the brain: from phenomenology to neurophysiology. *Trends Cogn. Sci.* 2010. Vol. 14. № 2. Pp. 88–100.
39. Rechtschaffen A. Personal letter RE: lucid dream research. Chicago, 1975.
40. Silber M.H. et al. The visual scoring of sleep in adults. *J. Clin. Sleep Med.* 2007. Vol. 3. № 2. Pp. 121–131.
41. Stumbrys T., Erlacher D., Schmidt S. Lucid dream mathematics: An explorative online study of arithmetic abilities of dream characters. *Int. J. Dream Res.* 2011. Vol. 4. № 1. Pp. 35–40.
42. Tart C.T. Altered states of consciousness. Oxford, 1972.
43. Tholey P. Erkenntnistheoretische und systemtheoretische Grundlagen der Sensorik aus gestalttheoretischer Sicht. *Sportwissenschaft.* 1980. T. 10. № 1. S. 7–35.
44. Tononi G., Edelman G.M. Neuroscience – Consciousness and complexity. *Science.* 1998. Vol. 282. № 5395. Pp. 1846–1851.
45. Voss U. et al. Lucid dreaming: a state of consciousness with features of both waking and non-lucid dreaming. *Sleep.* 2009. Vol. 32. № 9. Pp. 1191–1200.
46. Voss U. et al. Induction of self awareness in dreams through frontal low current stimulation of gamma activity. *Nat. Neurosci.* 2014. Vol. 17. № 6. Pp. 810–812.

Статья поступила в редакцию 06.04.2018

The article was received on 06.04.2018

Миронов Александр Юрьевич – аспирант лаборатории нейробиологии сна и бодрствования, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва

Mironov Alexander Yu. – graduate student at the Laboratory of Neurobiology of Sleep and Wakefulness, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of the Russian Academy of Sciences

E-mail: mironovihna@yandex.ru

Синин Артём Владимирович – заведующий лабораторией, Научно-исследовательская лаборатория сна и сновидений (НИЛСС), г. Москва

Sinin Artem V. – head at the laboratory, Sleep and Lucid Dreaming Research Laboratory

E-mail: artem.sinin@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

E-mail: vbdorokhov@mail.ru