

УДК 612.821.7.084.2(211-13):004.457

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СНА АНТАРКТИЧЕСКИХ ЗИМОВЩИКОВА. В. Шило¹, Д. Г. Луценко¹, К. Н. Даниленко², Г. А. Бабийчук¹, Е. В. Моисеенко²¹ *Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, ул. Переяславская, 23, г. Харьков, 61016, cryo@online.kharkov.ua*² *Государственное учреждение Национальный антарктический научный центр МОН Украины, бульв. Тараса Шевченко, 16, г. Киев, 01601*

Реферат. Нарушения качества сна могут сопровождаться десинхронными расстройствами и приводить к развитию патологии, в том числе и со стороны психофизиологических и психических функций. Так у многих участников антарктических экспедиций возникают симптомы так называемого «антарктического синдрома», ключевым компонентом которого является нарушение нормального ритма сна. **Цель.** С целью выяснения диагностической релевантности субъективных изменений сна, получаемых с помощью опросника и метода регистрации объективных показателей двигательной активности во сне с помощью смарт-технологий, нами были выполнены исследования сна у отдельных добровольцев-зимовщиков в условиях пребывания на антарктической станции. **Методы.** В исследованиях принимали участие 12 зимовщиков 21-й Украинской антарктической экспедиции в возрасте от 22 до 63 лет, средний возраст составлял 39,25 года, все мужчины. Для выяснения личностной оценки качества сна использовали опросник IDS-SR30. Кроме того, четыре человека (43, 51, и два по 23 года, у всех первая зимовка в Антарктиде) приняли участие в исследовании, направленном на выявление объективных изменений сна и выяснения диагностической релевантности метода регистрации объективных показателей двигательной активности во сне с помощью смарт-технологий на протяжении зимовки с использованием персональных смартфонов с установленным программным обеспечением Sleep as Android (Urban-droid Team) и специально разработанной программой для снятия данных со встроенного в смартфон акселерометра. **Результаты.** Анализ тестирования зимовщиков в течение пребывания на станции с помощью опросника IDS-SR30 показал, что динамика субъективных проблем качества сна характеризовалась индивидуальными особенностями, но пиковые значения таких нарушений приходились на период середины антарктической зимы, что может быть связано с практически полным отсутствием суточной фотопериодики как раз в этот период. Обращает внимание то обстоятельство, что у отдельных зимовщиков проблемы со сном продолжают оставаться до конца экспедиции, что может усиливать нагрузку на адаптационные резервы организма, приводя к состоянию утомления и хронического стресса. Отмеченная динамика субъективных характеристик и оценочное значение качества сна зимовщиков в Антарктике продиктовали необходимость подкрепления полученных результатов объективными показателями, в качестве которых были выбраны общая продолжительность и время глубокого сна, которые рассчитывались на основе регистрации показателей двигательной активности во сне, регистрируемых с помощью смарт-технологий. **Выводы.** Использование тестовых пакетов для психологической диагностики возникновения проблем нормального ритма сон-бодрствование в сочетании с новыми смарт-технологиями мониторинга сна у зимовщиков дает возможность объективизировать индивидуальные динамические перестройки характеристик длительности и качества суточного сна в течение всего экспедиционного периода пребывания в Антарктике. Это позволяет расширить возможности оценивания психофизиологического состояния зимовщиков за счет анализа показателей качества сна и его продолжительности, основанной на регистрации двигательной активности во сне.

Ключевые слова: Антарктика, зимовка, сон, опросник IDS-SR30, мобильный телефон, андроид.

МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ ДИНАМІКИ ДЕЯКИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ СНУ АНТАРКТИЧНИХ ЗИМІВНИКІВ

О. В. Шило¹, Д. Г. Луценко¹, К. М. Даниленко², Г. О. Бабійчук¹, Є. В. Моисеєнко²

¹ Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України, м. Харків, cryo@online.kharkov.ua
² Державна установа Національний антарктичний науковий центр МОН України, м. Київ

Реферат. Порушення якості сну можуть супроводжуватися десінхронними розладами і приводити до розвитку патології, в тому числі і з боку психофізіологічних та психічних функцій. Так у багатьох учасників антарктичних експедицій виникають симптоми так званого «антарктичного синдрому», ключовим компонентом якого є порушення нормального ритму сну. **Мета.** Проведення досліджень сну у зимівників на антарктичній станції протягом року з метою з'ясування релевантності даних, отримуваних за допомогою опитувальника, з об'єктивними показниками рухової активності уві сні, що реєструються за допомогою смарт-технологій. **Методи.** У дослідженнях брали участь 12 зимівників 21-ї Української антарктичної експедиції у віці від 22 до 63 років, середній вік становив 39,25 років, усі чоловіки. Для з'ясування особистісної оцінки якості сну використовували опитувальник IDS-SR30. Крім того, чотири чоловіки (43, 51, і два по 23 роки, у всіх перша зимівля в Антарктиді) взяли участь в дослідженні, спрямованому на виявлення об'єктивних змін сну і з'ясування діагностичної релевантності методу реєстрації об'єктивних показників рухової активності уві сні за допомогою смарт-технологій протягом зимівлі з використанням персональних смартфонів зі встановленим програмним забезпеченням Sleep as Android (Urbandroid Team) і спеціально розробленої програми для зняття даних з вбудованого в смартфон акселерометра. **Результати.** Аналіз тестування зимівників за допомогою опитувальника IDS-SR30 показав, що динаміка суб'єктивних проблем якості сну характеризувалася індивідуальними особливостями, але пікові значення таких порушень припадали на період середини антарктичної зими, що може бути пов'язано з практично повною відсутністю добової фотоперіодики якраз в цей період. Привертає увагу та обставина, що у окремих зимівників проблеми зі сном зберігалися до кінця експедиції, що може посилювати навантаження на адаптаційні резерви організму, приводячи до стану втоми і хронічного стресу. Зазначена динаміка суб'єктивних характеристик і оцінне значення якості сну зимівників в Антарктиці продиктували необхідність підкріплення отриманих результатів об'єктивними показниками, в якості яких були обрані загальна тривалість і час глибокого сну, які розраховувалися за допомогою смарт-технологій на основі реєстрації показників рухової активності уві сні. **Висновки.** Використовування тестових пакетів для психологічної діагностики в поєднанні з новими смарт-технологіями моніторингу сну у зимівників дає можливість об'єктивізувати індивідуальні характеристики тривалості і якості добового сну протягом усього експедиційного періоду перебування в Антарктиці. Це дозволяє розширити можливості оцінювання психофізіологічного стану зимівників за рахунок аналізу показників якості та тривалості сну за результатами реєстрації рухової активності уві сні.

Ключові слова: Антарктика, зимівка, сон, опитувальник IDS-SR30, мобільний телефон, андроїд.

METHODS OF STUDYING THE DYNAMICS OF SOME SLEEP QUALITY INDEXES IN ANTARCTIC WINTERERS

O.V. Shylo¹, D.G. Lutsenko¹, K.M. Danylenko², G.O. Babiychuk¹, Ye.V. Moiseyenko²

¹ Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv; cryo@online.kharkov.ua

² State Institution National Antarctic Scientific Center, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv

Abstract. Disturbances in sleep quality can be accompanied by circadian rhythm disorders and lead to the development of pathology, including those from the side of psychophysiological and psychological functions. In many participants of Antarctic expeditions the "Antarctic syndrome" is developed. The violation of the normal rhythm of sleep is the key component of the syndrome. **Objectives.** Therefore, in order to elucidate the diagnostic relevance of subjective sleep changes obtained using questionnaire and a method of recording objective indicators of motor activity in sleep using smart technologies, we performed the sleep study of individual wintering volunteers in the Antarctic station conditions. **Methods.** Twelve winterers of the 21st Ukrainian Antarctic expedition (from 22 to 63 years old) participated in the studies, the average age was 39.25 years, all men. IDS-SR30 questionnaire was used to determine the personal evaluation of sleep quality. In addition, four people (43, 51, 23, 23 years old, the first winter in Antarctica) participated in the study aimed at identifying objective changes in sleep and elucidating the diagnostic relevance of the method of recording objective indicators of motor activity in sleep using smart technologies during the wintering period with the use of personal smartphones with installed software Sleep as Android (Urbandroid Team) and a specially developed program to read data from the smartphone accelerometer. **Results.** Analysis of winterers testing during stay at the station using the IDS-SR30 questionnaire showed that the dynamics of subjective sleep quality problems were characterized by individual features, but their peak amounts occurred during the middle of the Antarctic winter, which may be due to almost total absence of a daily photoperiod in the season. It should be mentioned that in individual winterers the sleep problems have remained until the end of the expedition, which can increase the load on the adaptive reserves of the organism and lead to the development of state of fatigue and chronic stress. The marked dynamics of subjective characteristics and the estimated value of the sleep quality in winterers in the Antarctic dictated the necessity of reinforcing the results with objective indicators, like total sleep time and deep sleep duration, which were calculated on the basis of registration of motor activity in sleep recorded using smart technologies. **Conclusions.** The use of test packages for the psychological diagnosis of the occurrence of problems with normal sleep-wake rhythm in combination with new smart technologies for sleep monitoring

in winterers will allow to objectify the individual dynamic changes in the characteristics of daily sleep duration and its quality during the whole expeditionary period of stay in the Antarctica. This makes it possible to expand the possibilities for assessing the psychophysiological state of winterers by analyzing quality indices of the sleep and its duration, which is based on the recording of motor activity in sleep.

Key words: Antarctica, over-wintering, sleep, IDS-SR 30, mobile phone, Android.

1. Введение

Известно, что качественный полноценный сон человека является важнейшим компонентом стабильности биоритмической организации физиологических функций, основой реализации адаптационных резервов организма, источником восстановления умственной и физической работоспособности. В то же время нарушения качества сна могут сопровождаться десинхронными расстройствами и приводить к развитию патологии, в том числе и со стороны психофизиологических и психологических функций. Так у многих участников антарктических экспедиций возникают симптомы так называемого «антарктического синдрома», ключевым компонентом которого является нарушение нормального ритма сна, что приводит к развитию патологии.

Те или иные нарушения сна отмечали многие участники длительных экспедиций, начиная с самых первых зимовок в Антарктике (Zimmer et al., 2013). Среди субъективных «жалоб» преобладали: сниженная эффективность и длительность сна, трудность засыпания и задержка наступления сна, недостаток восстановительной функции сна. При объективных исследованиях было отмечено снижение количества медленноволновой фазы сна и увеличение фрагментации сна во время антарктической зимы (Vermeulen, 1977, Pattyn et al., 2017, Arendt, 2012). Сходные изменения, правда, менее выраженные, отмечались и в летний период (Pattyn et al., 2018). Следует, однако, отметить, что в ряде исследований значимых нарушений сна обнаружено не было, а доля медленноволнового сна даже имела тенденцию к увеличению (Buguet, Rivolier, Jouvet, 1987).

Изучение сна опирается на три основных способа получения информации: анкетирование участников (опросники, дневники и отчеты врачей), проведение полисомнографических исследований, основанных на регистрации биоэлектрической активности мозга (ЭЭГ) и исследования, проведенные с помощью актиграфов (Pattyn et al., 2018). Наиболее часто в экспедиционных условиях используется самый простой метод – анкетирование – который, обладая ярко выраженной субъективностью, считается недостаточно точным. В условиях стационарных исследований сна «золотым стандартом» считается использование электроэнцефалографии, однако в условиях Антарктики ее возможности не могут быть задействованы в полной мере – необходимо специальное, довольно дорогостоящее оборудование, обученный персонал, отдельное помещение, адаптивная ночь перед регистрацией, трудоемкое получение результатов, а также часто значительное отвлечение персонала антарктических станций от выполнения их непосредственных должностных обязанностей – что вероятно и объясняет незначительное количество подобных исследований.

В последнее время широкое распространение для исследования сна получили актиграфы. Принцип их работы основан на регистрации движений конечностей (обычно недоминантной руки) и тела специальными датчиками – трех-осевыми акселерометрами. Специальные алгоритмы позволяют различать состояние сна и бодрствования, так как во время сна обычно происходят небольшие движения, тогда как во время бодрствования амплитуда движений значительно увеличивается. Достоверность различения сна и бодрствования составляет от 0,89 до 0,98 для здоровых людей и колеблется от 0,78 до 0,91 при их использовании в случае патологий сна различного генеза (Kryger, Roth, Dement, 2017). При этом такие устройства обладают рядом преимуществ и позволяют длительно неинвазивно регистрировать двигательную активность человека как во время бодрствования, так и во время сна (Arendt, Middleton, 2017, Palinkas, Suedfeld, 2008, Crowley et al., 2014, Lockley, Skene, Arendt, 1999, Winnebeck et al., 2017).

Следует отметить, что акселерометры являются практически неотъемлемой составной частью большинства современных персональных электронных устройств (смарт-часы, фитнес-трекеры, смартфоны). Практически все производители этих устройств либо разработали свои программы, либо позволяют устанавливать программы внешних разработчиков, которые на основании обработки данных акселерометров позволяют рассчитывать длительность сна и «делать» выводы о его качестве. Некоторые авторы полагают, что эти устройства могут иметь тенденцию к недооценке нарушений сна и переоцениванию общего времени сна и его эффективности, поэтому они рекомендуют делать выводы, опираясь только на данные, получаемые с этих устройств, с определенной долей осторожности (Kolla, Mansukhani, Mansukhani, 2016, Mansukhani, Kolla, 2017).

Целенаправленных исследований сна на Украинской антарктической станции (УАС) «Академик Вернадский» до настоящего времени не проводилось, хотя в работах В. И. Сухорукова и Л. П. Забродиной (2011/12) и Е. В. Моисеенко (2014) в ходе мониторинговых ЭЭГ-исследований у некоторых зимовщиков было замечено состояние пролонгированной активации сомногенных механизмов. Врачи антарктических экспедиций также указывали в своих отчетах на возникновение тех или иных нарушений сна у зимовщиков (Моисеенко, 2009, Моисеенко, 2014).

Поэтому с целью выяснения диагностической релевантности субъективных изменений сна получаемых с помощью опросников, метода регистрации объективных показателей двигательной активности во сне с помощью смарт-технологий нами были выполнены исследования активности во время сна у отдельных добровольцев-зимовщиков в условиях пребывания на УАС «Академик Вернадский».

2. Материалы и методы исследований

В исследованиях принимали участие 12 зимовщиков 21-й Украинской антарктической экспедиции (УАЭ) в возрасте от 22 до 63 лет, средний возраст составлял 39,25 года, все мужчины. Обследование зимовщиков выполнялось при помощи индивидуального психологического тестирования и регистрации показателей двигательной активности во время сна при помощи смартфонов со специальным программным обеспечением.

Для выяснения личностной оценки качества сна использовали опросник IDS-SR30 (Rush et al., 1996), который привлек внимание достаточной информативностью, а также простотой использования в экспедиционных условиях и наличием блока по оценке индивидуального сна у опрошиваемых. Тестирование заключается в ответах на вопросы, которые касаются субъективной оценки качества сна:

А) Первый вопрос «Failing Asleep» – «Как вы засыпаете»:

0 – Мне не требовалось более 30-ти минут, чтобы уснуть;

1 – Мне требовалось, по крайней мере, 30 минут, чтобы уснуть, менее чем в половине случаев (3 или менее из последних 7 дней).

2 – Мне требовалось, по крайней мере, 30 минут, чтобы уснуть, более чем в половине случаев (4 или более из последних 7 дней).

3 – Мне требовалось более 1 часа, чтобы уснуть, более чем в половине случаев (4 или более из последних 7 дней).

Б) Второй вопрос «Sleep During the Night» – «Ночной сон»:

0 – Я не просыпался по ночам.

1 – У меня был беспокойный, чуткий сон, и каждую ночь я несколько раз ненадолго просыпался.

2 – Я просыпался, по крайней мере, один раз за ночь, но легко засыпал снова.

3 – Более чем в половине случаев (4 или более из последних 7 дней) я просыпался более одного раза за ночь и не спал в течение 20 минут или дольше.

В) Третий вопрос «Waking Up Too Early» – «Слишком раннее пробуждение»:

0 – В большинстве случаев я просыпался не раньше, чем за 30 минут до того, как мне нужно было встать.

1 – Более чем в половине случаев (4 или более из последних 7 дней) я просыпался более чем за 30 минут до того, как мне нужно было встать.

2 – Я почти всегда просыпался, по крайней мере, примерно на час раньше, чем мне было нужно, но потом снова засыпал.

3 – Я просыпался, по крайней мере, за час до того, как мне нужно вставать, и больше не мог заснуть.

Г) Четвертый вопрос «Sleeping too Much» – «Избыточный сон»:

0 – Я спал не более 7-8-ми часов за ночь и не спал днем.

1 – Я спал не более 10-ти часов в сутки (т.е. за 24 часа), включая дневной сон.

2 – Я спал не более 12-ти часов в сутки (т.е. за 24 часа), включая дневной сон.

3 – Я спал более 12-ти часов в сутки (т.е. за 24 часа), включая дневной сон.

Кроме того, четыре человека (43, 51, и два по 23 года, у всех первая зимовка в Антарктиде) приняли участие в исследовании, направленном на выявление объективных изменений сна и выяснения диагностической релевантности метода регистрации объективных показателей двигательной активности во сне с помощью смарт-технологий на протяжении зимовки с использованием персональных смартфонов с установленным программным обеспечением Sleep as Android (Urbandroid Team) и специально разработанной программой для снятия данных со встроенного в смартфон акселерометра (рис. 1). Информация (данные) о движении конечностей и/или тела, получаемые с акселерометра, преобразуются в отчеты активности, которые и используются как входные параметры для алгоритма классификации. Все устройства, которые отслеживают сон обычно используют трех-осевые акселерометры, которые измеряют ускорение, вызванное движением ячейки акселерометра в трех плоскостях (по осях x, y и z – вперед-назад, вверх-вниз, из стороны-в сторону) (цит. по Kolla, Mansukhani, Mansukhani, 2016, Lowe, Olaighin, 2014).

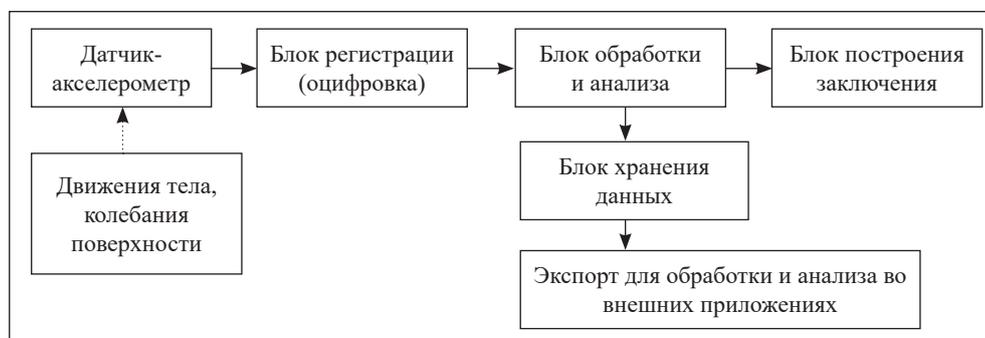


Рис. 1. Принципиальная блок-схема регистрации и обработки движений во время сна персональным мобильным устройством.

Fig. 1. Flowchart of the recording and processing of physical movements during sleep by a personal mobile device.

В нашем случае смартфон с запущенными программами переводился в «режим полета» и располагался в районе головы испытуемого под простыней. После пробуждения программы останавливались и

данные, полученные в результате анализа, экспортировались на персональный компьютер для последующей обработки.

Программа Sleep as Android получает информацию со встроенного в мобильный телефон акселерометра. Погружение в сон характеризуется прогрессивным снижением двигательной активности, что приводит к снижению амплитуды сигнала получаемого с акселерометра. При смене позы амплитуда сигнала увеличивается, что ведет к увеличению амплитуды суммарной кривой, получаемой в результате программной обработки. При наступлении фазы парадоксального сна на фоне полного расслабления мышц отмечается большое количество подергиваний, что регистрируется акселерометром и учитывается программным обеспечением. Общее время сна (ОВС), время глубокого сна (ВГС), его процент (ГС%) и количество циклов сна рассчитывались программой Sleep as Android и экспортировались из её базы данных для дальнейшего анализа. Выбор программы был обусловлен заложенными в нее возможностями записи и экспорта промежуточных данных для последующего анализа в других приложениях. Примеры возможностей программы показаны на рис 2 и 3. На рис. 2 представлена динамика изменений ОВС по дням, а на рис. 3 – накопление дефицита сна за месяц и таблица, отображающая данные по ОВС, ВГС и дефициту сна по дням наблюдения.

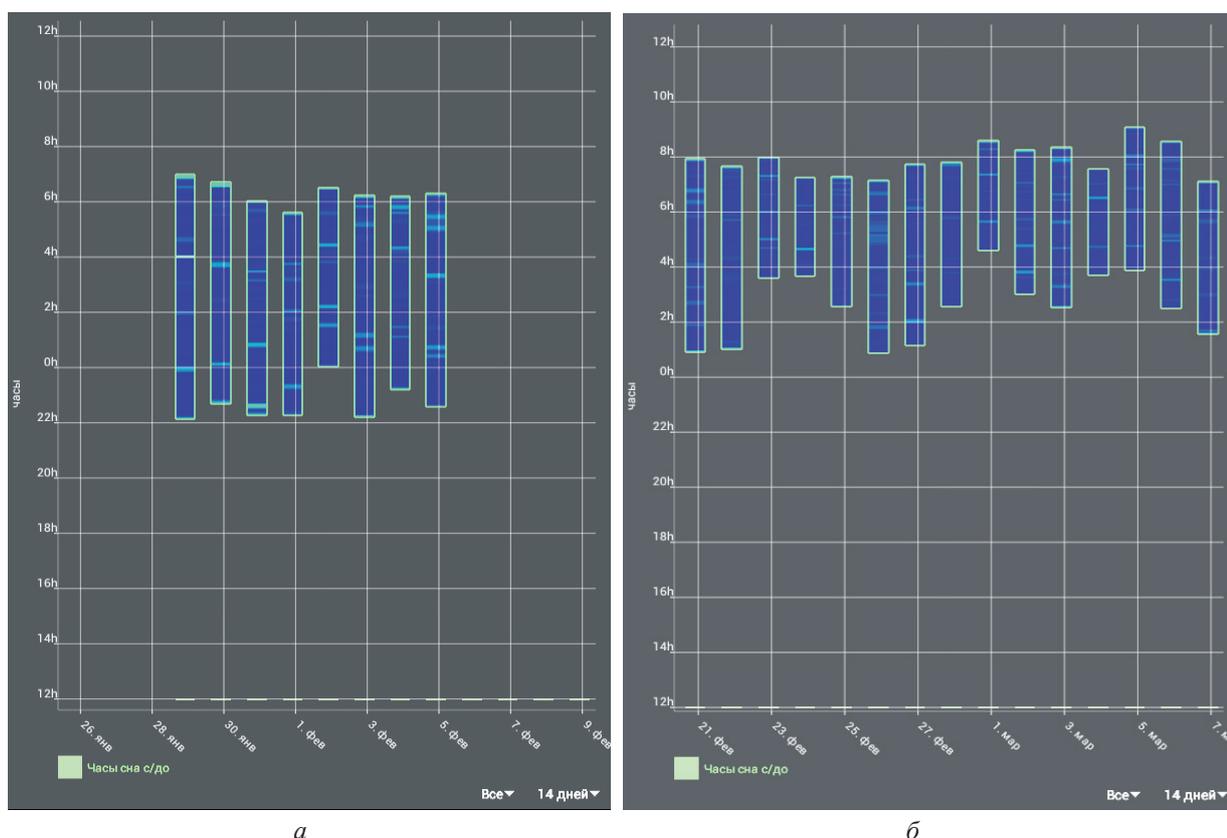


Рис. 2. Пример динамики суточной продолжительности сна у одного и того же зимовщика: а – контрольные показатели продолжительности сна (перед экспедицией, февраль 2016 г.); б – на станции (февраль 2017 г.).

Ось абсцисс – дни обследования, ось ординат – время суток, часы. Высота столбцов соответствует длительности сна в часах: начало сна – нижняя граница столбца, окончание – верхняя граница.

Fig. 2. An example of the dynamics of daily sleep durations in the same winterer: a – control indices of the sleep duration (before the expedition, February 2016); b – at the station (February 2017). The abscissa axis – the registration days, the ordinate axis – time of the day, the hours. The height of the boxes corresponds to the sleep duration in hours: the beginning of the sleep is the bottom border of the box, the end of the sleep is the upper border.

Каждый участник перед началом исследования устанавливал индивидуально предпочитаемую длительность сна (7–7,5 ч), что учитывалось в дальнейшем при расчете дефицита или прироста длительности сна. Такая индивидуальная «норма» сна могла быть принята вследствие субъективной оценки количества времени, необходимого для полноценного восстановления организма, доминирующими в общественном сознании стереотипами о длительности «нормального сна», либо могла быть следствием сформированного в результате повседневной профессиональной предэкспедиционной активности ритма бодрствования-сна (рис. 3).

Вторая программа Antarctica Sleep (автор Н.В. Марченко) накапливала все показания акселерометра и гироскопа с задаваемой дискретностью (1 отчет в секунду) в файлы длительностью по 60 мин для последующей независимой обработки во внешних приложениях.

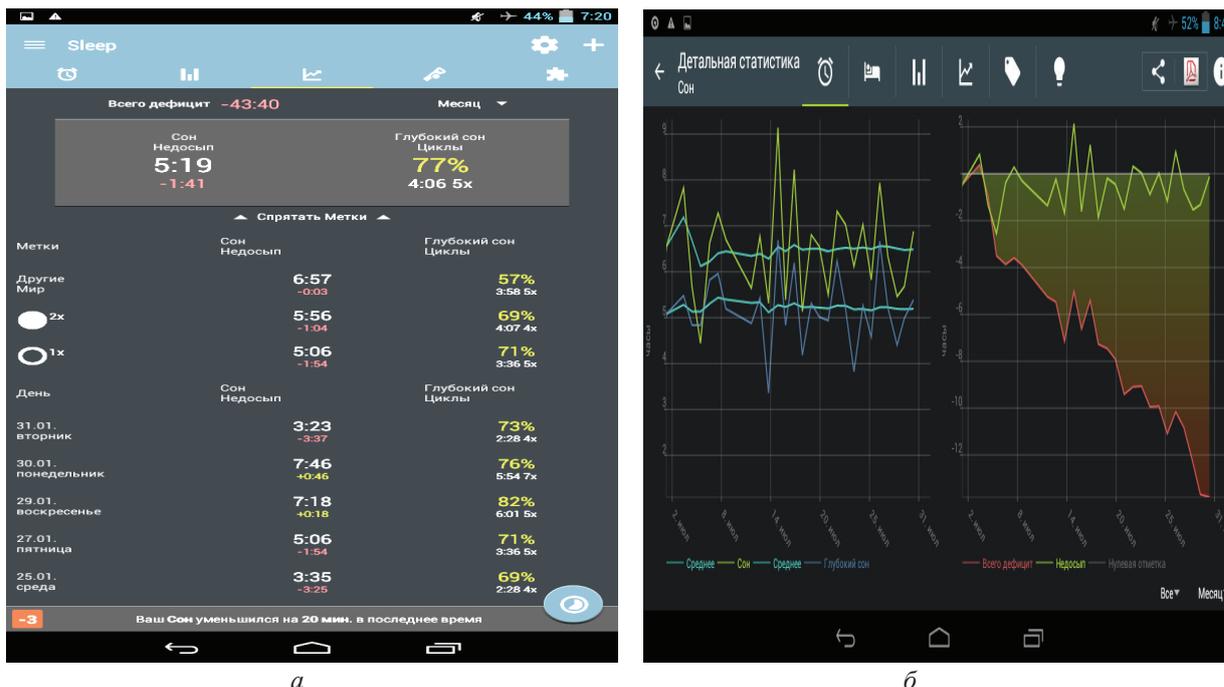


Рис. 3. Пример накопления дефицита сна: а – таблица с данными ОДС, ВГС, времени недосыпания по дням наблюдения; б – по оси абсцисс – дни наблюдения, по оси ординат – время в часах; красная линия – накопление разницы между индивидуальной «нормой» сна и фактической длительностью сна; зеленая линия – суточные колебания фактической длительности сна; серая линия – индивидуальная «норма» сна.

Fig. 3. An example of accumulation of sleep deficiency: a – the table with data of TSD, DST, the sleep shortage duration on the days of observation; b – the abscissa – observation days, the ordinate – time in hours; red line – the accumulation of the difference between the individual “norm” of sleep and the actual sleep duration; green line – daily fluctuations in the actual sleep duration; the gray line – the individual “norm” of sleep.

3. Результаты и их обсуждение

Тестирование зимовщиков на антарктической станции выполнялось ежеквартально и результаты анализа ответов вопросника IDS-SR30 выявили наличие характерной динамики показателей индивидуальных ощущений (табл. 1).

В начале зимовки (апрель) у большинства участников экспедиции были отмечены субъективные переживания, связанные с качеством сна, в виде проблем нормального засыпания – «Как вы засыпаете» (3 участника), беспокойного сна – «Ночной сон» (7 участников), необычно раннего пробуждения – «Слишком раннее пробуждение» (3 участника) и необычно длительного сна – «Избыточный сон» (4 участника).

После перелета из Украины на УАС «Академик Вернадский» некоторые зимовщики длительное время отмечали отдельные нарушения цикла сон-бодрствование. Вероятно, это могло быть связано со смещением часового пояса: разница между часовыми поясами Украины и станцией составляет 6 часов. Как следствие, многие зимовщики ощущали приступы сонливости уже около 18:00, что соответствовало 24:00 по Киеву. У большей части участников экспедиции это состояние быстро прошло, но ряд зимовщиков продолжали его испытывать на протяжении более 2 месяцев. При этом часть зимовщиков начала практиковать дополнительный кратковременный дневной сон и такой «режим» в ряде случаев продолжался практически до конца зимовки. В результате у каждого зимовщика в зависимости от особенностей выполнения им своих функциональных обязанностей сформировался определенный режим сна-бодрствования.

По результатам тестирования в июле месяце (середина антарктической зимы) количество зимовщиков с проблемами нормального засыпания увеличилось (8 участников), возросло количество случаев беспокойного сна (8 участников), отмечались случаи раннего пробуждения (3 участника), а избыточный сон был отмечен 2-мя участниками.

В октябре 3 участника отметили проблемы с засыпанием, ночной сон был беспокойным у 6 человек, 3 участника отметили случаи слишком раннего пробуждения и 2 участника пожаловались на избыточный сон.

Результаты субъективного оценивания сна участниками 21-й УАЭ при помощи опросника IDS-SR30

Table 1

The results of subjective sleep evaluations with participants of the 21st UAE by IDS-SR 30 questionnaire

	Варианты ответов	Количество зимовщиков отметивших изменения по вопросам:			
		1.Засыпание	2.Сон	3.Пробуждение	4.Избыток сна
Апрель	0	9	5	9	8
	1	2	3	1	3
	2	0	3	0	0
	3	1	1	2	1
Июль	0	4	4	9	10
	1	5	2	1	2
	2	2	6	1	0
	3	1	0	1	0
Октябрь	0	9	6	9	10
	1	0	1	1	1
	2	2	2	1	1
	3	1	3	1	0
Январь	0	9	8	8	8
	1	2	3	2	3
	2	1	0	0	0
	3	0	1	2	1

В январе на трудности с засыпанием обратили внимание 3 участника, 4 участника пожаловались на беспокойный сон, слишком рано пробуждались 4 участника и 4 участника отметили избыточный сон.

Таким образом, анализ тестирования зимовщиков в течение пребывания на станции с помощью опросника IDS-SR30 показал, что динамика субъективных проблем качества сна характеризовалась индивидуальными особенностями, но пиковые значения таких нарушений приходились на период середины антарктической зимы, что может быть связано с практически полным отсутствием суточной фотопериодики как раз в этот период. Обращает внимание то обстоятельство, что у отдельных зимовщиков проблемы со сном продолжают оставаться до конца экспедиции, что может усиливать нагрузку на адаптационные резервы организма, приводя к состоянию утомления и хронического стресса. Такое положение обязывает сконцентрировать усилия на выявление преморбидных состояний, которые могут проявляться именно в характеристиках качества сна. При этом известно, что беспокойный сон может сопровождаться продолжительной и усиленной двигательной активностью, характеристики которой могут выступать в качестве диагностических критериев и надежных предикторов для использования в профилактических целях. Особенно важно мониторить такие показатели-критерии у зимовщиков с устойчивыми и длительно прогрессирующими формами субъективного ощущения нарушений качества сна в условиях Антарктики.

Отмеченная динамика субъективных характеристик и оценочное значение качества сна зимовщиков в Антарктике продиктовали необходимость подкрепления полученных результатов объективными показателями. Поэтому, с указанной целью и для выяснения диагностической релевантности метода регистрации объективных показателей двигательной активности во сне с помощью смарт-технологий выполнялись исследования отдельных добровольцев-зимовщиков в предстартовом периоде и в динамике пребывания на антарктической станции.

Пример записи двигательной активности во сне, зарегистрированной с помощью смартфона одного из участников экспедиции, представлен на рис. 4а. Пики на рисунках соответствуют повышенной двигательной активности и могут быть связаны как со сменой позы, так и с развитием парадоксального сна. Периоды сниженной активности «объединяются» программой Sleep as Android в «глубокий сон». Пример записи, представленный на рис. 4б, свидетельствует о повышенной двигательной активности во сне.

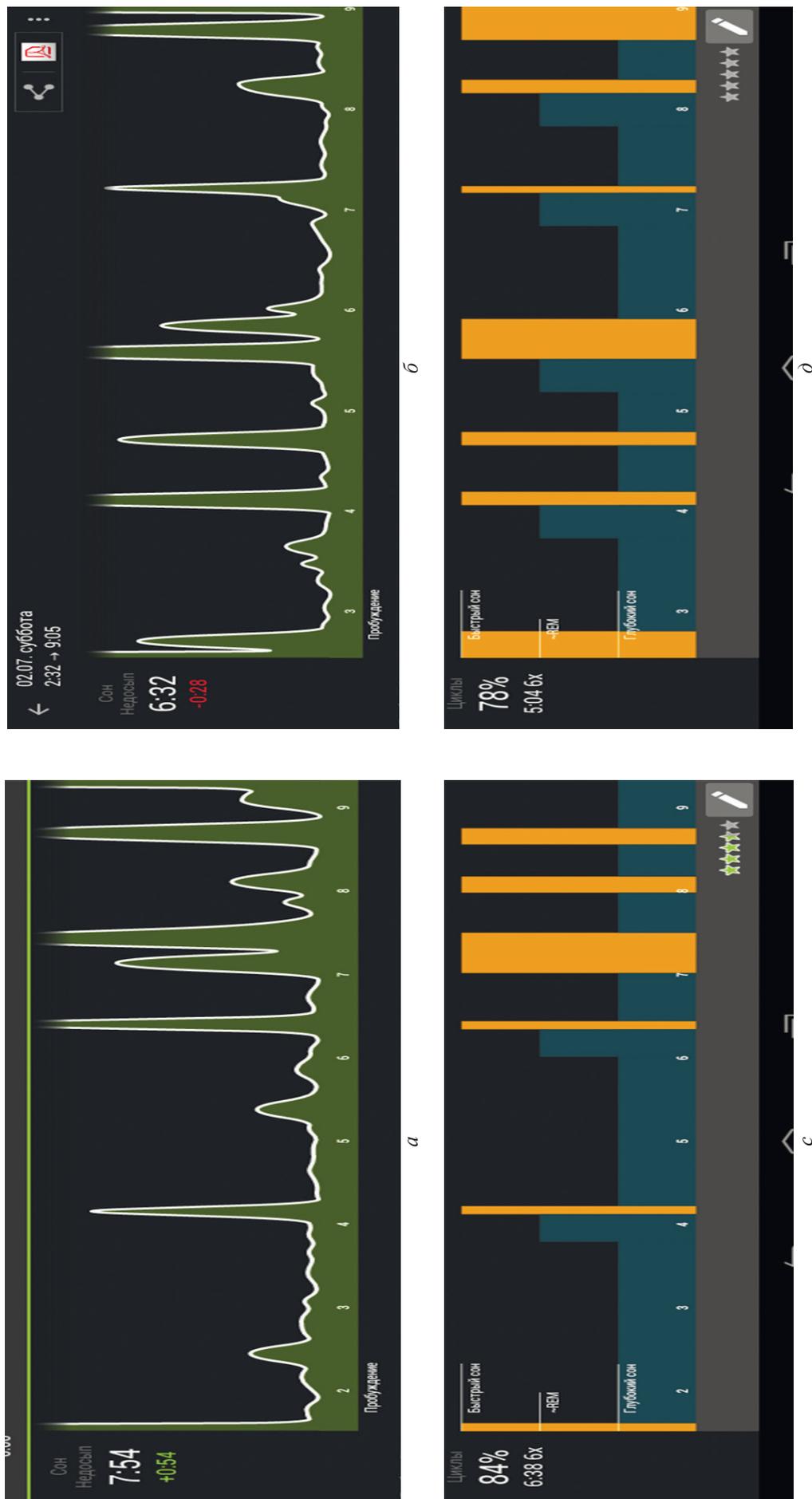


Рис. 4. Примеры динамики двигательной активности во время ночного сна у одного из участников экспедиции: *а* – двитательный профиль нормального сна, *б* – профиль сна, с повышенной двигательной активностью. По оси абсцисс – время в часах, по оси ординат – амплитуда в относительных единицах. Указано общее время сна (7 ч 54 мин и 6 ч 32 мин и прирост (+0,54) или дефицит сна (-0,28) для *а* и *б* соответственно); *с* и *д* – идентификация программой состояний: серый цветом определен глубокий сон, оранжевым – быстрый сон и пробуждения. По оси абсцисс – время в часах, по оси ординат – состояния (глубокий сон, быстрый сон, пробуждение).
Fig. 4. Examples of the dynamics of movements during night sleep in one of the participants of the expedition: *a* – the profile of physical movements in normal sleep, *b* – the profile of sleep with increased physical movements. The abscissa – time in hours, ordinate – the amplitude in relative units. Total sleep time is indicated (7 hours 54 minutes and 6 hours 32 minutes and an increase (+0.54) or a sleep deficit (-0.28) for *a* and *b*, respectively); *c* and *d* - sleep stages identification by the program: gray color is defined as deep sleep, orange – REM sleep and awakening. The abscissa – the time in hours, the ordinate – the state (deep sleep, REM sleep).

По результатам исследования двигательной активности зимовщиков во сне открывается возможность отслеживания индивидуальной динамики общей продолжительности и фазы глубокого сна. Это позволяет мониторировать изучаемые показатели. Так, например, у участников отмечались циклические изменения суммарной длительности суточной представленности сна (рис. 5).

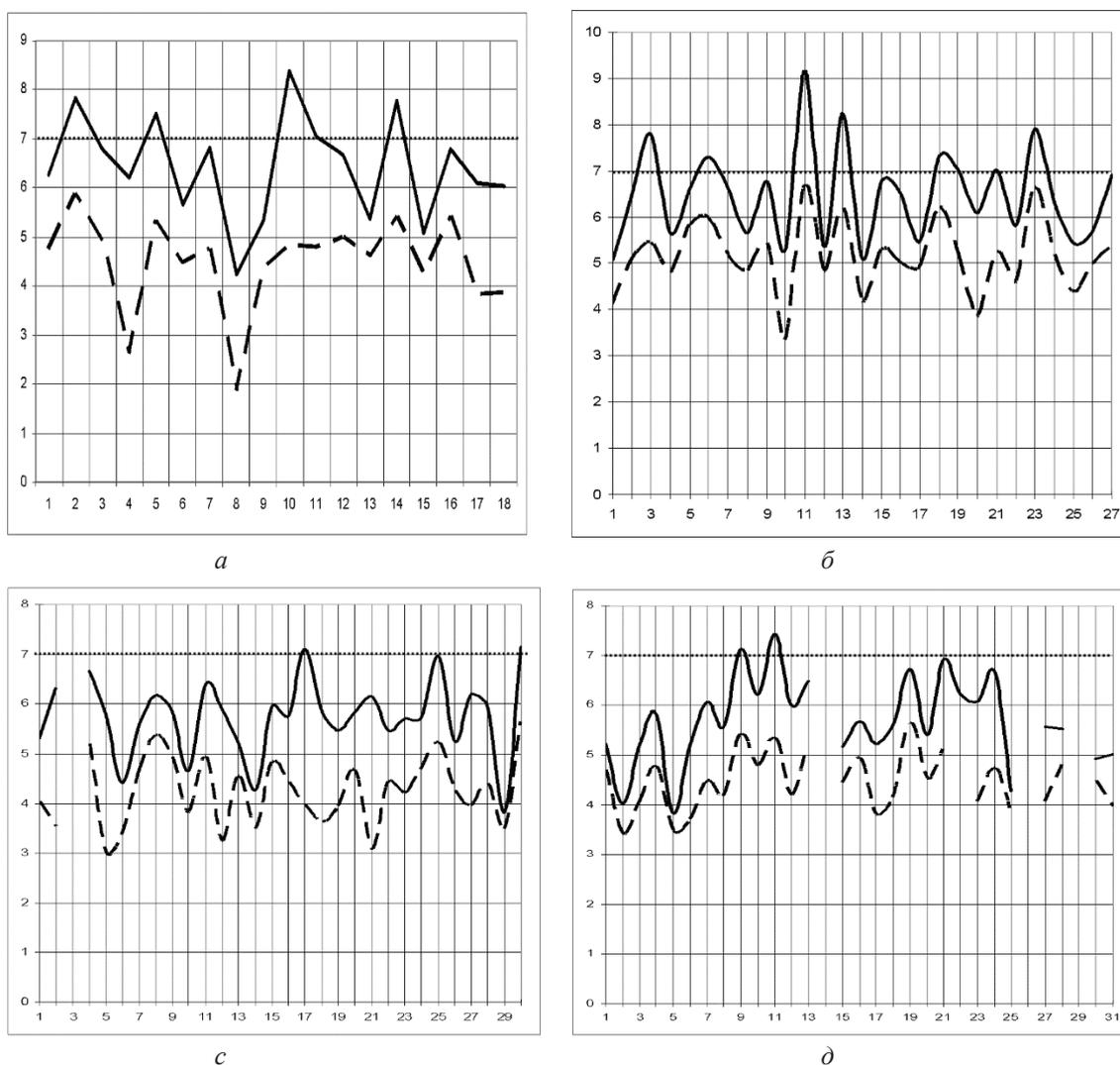


Рис. 5. Месячная динамика общей продолжительности сна и фазы глубокого сна участника экспедиции по сезонам: *a* – апрель (начало зимовки), *б* – июль (середина зимы, самое темное время года), *с* – октябрь (середина зимовки), *д* – март (окончание зимовки). Примечания: – по оси абсцисс – дни наблюдения, по оси ординат – время (час); – сплошная линия – общее время сна, пунктирная линия – время глубокого сна, точечная горизонтальная линия (7 ч) определяет предпочитаемое количество сна (индивидуальная «норма» сна), заявленное участником при начале исследования. На рис. *с* и *д* разрывы связаны с недостаточным количеством данных для анализа в отдельных точках наблюдения.

Fig. 5. Monthly dynamics of total sleep duration and the phase of deep sleep of a member of the expedition by seasons: *a* – April (the beginning of the wintering), *b* – July (middle of the winter, the darkest period), *c* – October (middle of the wintering), *d* – March (the end of the wintering). Notes: – the abscissa – observation days, the ordinate – time (hour); – solid line – total sleep time, dotted line – deep sleep time, horizontal dotted line (7 h) determines the preferred amount of sleep (individual “sleep” norm) declared by the participant at the beginning of the study. In *c* and *d* gaps are the insufficient data for the analysis.

Такие характеристики сна можно определять в виде ежемесячных суммарных показателей (рис. 6). Например, у участников А и Б динамика изменений была сходной и характеризовалась плавным снижением как общей продолжительности так и фазы глубокого сна на протяжении зимовки (более выражено снижение у Б в самое темное время года). При этом, в случае участника А, уменьшение сна в самое темное время года можно рассматривать как тенденцию к снижению общего времени сна на протяжении зимовки.

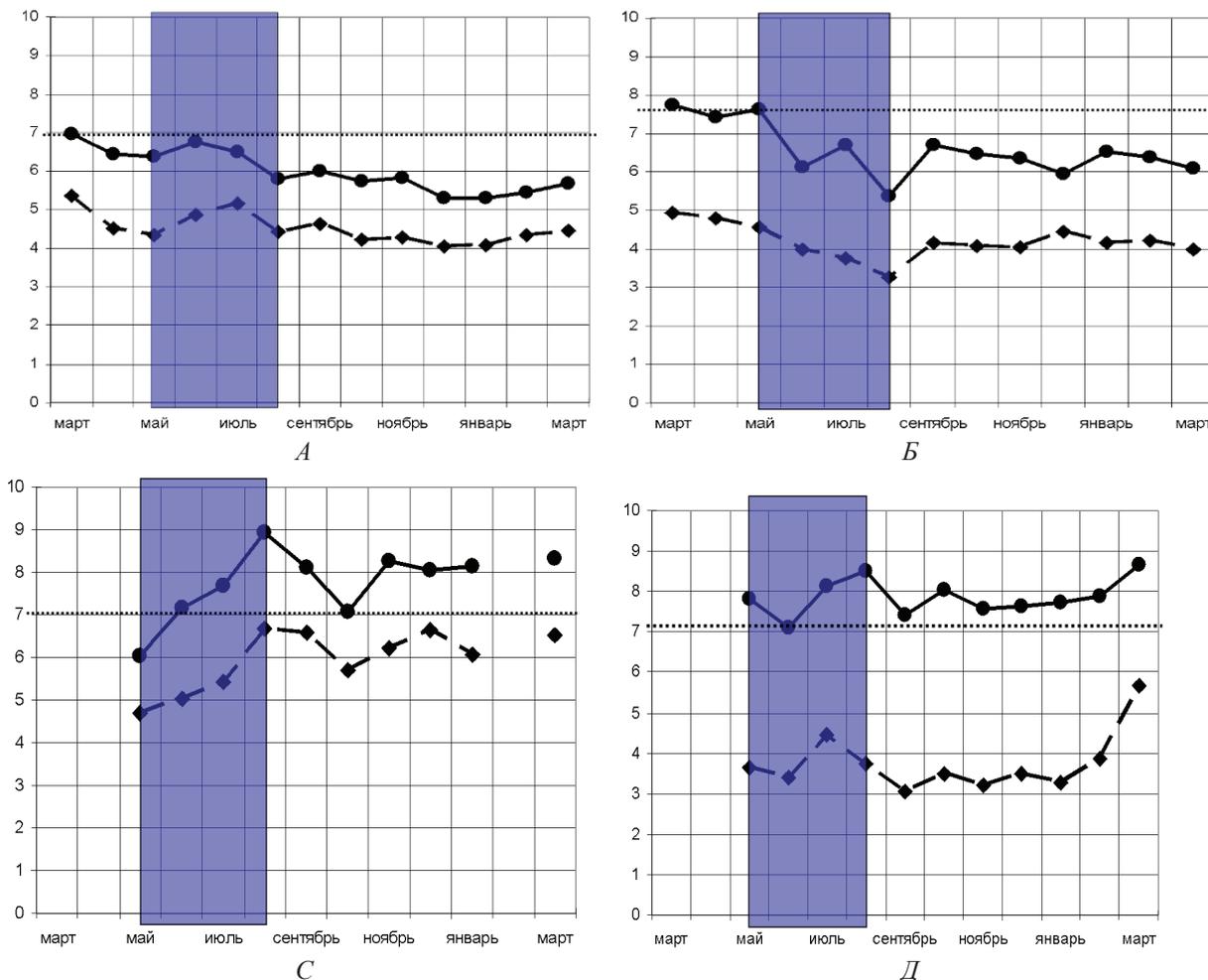


Рис. 6. Годовая динамика среднемесячной длительности сна и глубокого сна у участников экспедиции. А, Б, С, Д – зимовщики. Сплошная линия – общее время сна, пунктирная линия – время глубокого сна, точечная горизонтальная линия определяет уровень предпочитаемого количества сна, заявленное участником при начале исследования.

Примечание. Синим прямоугольником отмечено самое темное время года. У зимовщиков А и Б значения для марта месяца получены до экспедиции; у С – разрыв связан с недостаточным количеством данных для анализа; = ось абсцисс – месяцы, ось ординат – время в часах.

Fig. 6. The annual dynamics of the average monthly duration of sleep and deep sleep in the members of the expedition (A, B, C, and D). The solid line is the total sleep time, the dotted line is the time of deep sleep, the dot horizontal line determines the level of the preferred amount of sleep declared by the participant at the beginning of the study.

Notes. The blue rectangles are the darkest period of the year. In A and B the March data were received before the expedition. In C the gap is associated with insufficient data for analysis; – the abscissa axis is the months, the ordinate axis is the time in hours.

По характеристикам динамики двигательной активности во сне можно судить о накоплении дефицита сна (месячного, сезонного, годового). Так у зимовщика А отмечалось постепенное накопление дефицита сна (с максимумом в конце зимовки), а у участника Б помимо аналогичного тренда отмечался максимум накопления дефицита сна в зимний период. У двух других участников (С и Д), наоборот, отмечался прирост количества сна (с уменьшением накопления сна у участника Д в весенний период), что может быть связано, в том числе и с наличием эпизодов дневного сна (табл. 2).

Обобщенные данные дают представление количественного характера о динамике качественных показателей сна посезонно и за весь период зимовки (табл. 2).

Изменения времени сна у зимовщиков

Table 2

Changes in the sleep time of winterers

Участники	А	Б	С	д
Сезон	Среднесуточное и суммарное за сезон (в скобках) время прироста (+) или дефицита (-) сна в часах			
Осень	-0,4 (-25,34)**	+0,04 (+0,93)**	-0,95 (-10,49) *	+0,82 (+23,64) *
Зима	-0,65 (-56,66)	-1,43 (-57,26)	+0,93 (+19,77)	+0,92 (+86,06)
Весна	-1,14 (-96,01)	-0,99 (-51,42)	+0,82 (+30,32)	+0,66 (+50,45)
Лето	-1,63 (-134,08)	-1,21 (-85,14)	+1,10 (+33,52)	+0,64 (+66,53)
За год	-1,06 (-348,85)	-1,02 (-224,05)	+0,78 (+111,9)	+0,85 (+277,65)

* – данные за 1 месяц
 ** – данные за 2 месяца
 * – 1 month data
 ** – 2 month data

Проблеме изучения и профилактики механизмов «антарктического синдрома» посвящено множество публикаций. Например, по данным Zimmer с соавторами (2013) нарушения сна возникают в 40,9% у зимовщиков. Предполагают также, что в основе механизмов нарушений сна может лежать развитие «полярного ТЗ синдрома» (Pattyn et al., 2018, Pattyn et al., 2017). При этом нарушения сна, хоть и характерны в основном для середины зимы (Palinkas, Suedfeld, 2008, Pattyn et al., 2018), могут наблюдаться и в другие сезоны зимовки и проявляются в трудностях засыпания и/или поддержания сна, инсомнии, уменьшении эффективности сна, снижении общего времени сна и количества медленноволнового сна (стадии 3 и 4), а также увеличении доли парадоксального сна и стадий 1 и 2 (Bhattacharyya et al., 2008, Arendt, 2012).

С другой стороны, А. Buguet с соавторами (1987) при полисомнографическом исследовании участников 21-й французской экспедиции не обнаружили признаков «полярной инсомнии»: на протяжении зимовки у зимовщиков, наоборот, отмечалась тенденция в увеличении дельта-сна на фоне снижения длительности 1 и 2 стадии, отсутствовали значительные вариации длительности парадоксального сна и его латентности, хотя изменения некоторых других параметров сна имели индивидуальные особенности.

Развитие «полярной инсомнии» проявляется также в нарушении нормальной ритмичности биологических процессов: выраженной задержке фазы секреции мелатонина при нормальном суточном профиле секреции кортизола и нарушении ультрадианной ритмичности сна. Последнее проявляется в появлении большого количества парадоксального сна в начале ночи, а медленноволнового сна наоборот в основном в конце ночи, что связывают именно с задержкой секреции мелатонина (Pattyn et al., 2017). Кроме того, известно, что задержка циркадной системы по сравнению с «нормальными» рабочими часами приводит к развитию сна в субоптимальной фазе (Arendt, 2012).

На основании исследований, проведенных на китайской станции, также были сделаны выводы о задержке циркадного ритма, фазы наступления сна и развитии позднего хронотипа (Chen et al., 2016). На нарушение циркадных ритмов секреции кортизола и мелатонина у участников индийской экспедиции, приводящих к изменению настроения и сна, также обращают внимание Premkumar M. с соавторами (2013).

Японские исследователи предполагают, что циркадные колебания мелатонина в крови, влияющие на качество сна, могут быть в определенной степени нейтрализованы строгим рабочим графиком (Yoneyama, Hashimoto, Nonna, 1999). Однако, согласно наблюдениям J. Arendt (2012) за зимовщиками станции Halley (Великобритания), несмотря на структурированный рабочий день, жалобы на нарушения сна у зимовщиков сохранялись.

В то же время А. Haggis с соавторами (2010) на протяжении зимовки не обнаружили нарушений суточного ритма кортизола у участников Британской антарктической экспедиции, а на развитие антарктического синдрома указывали только субъективные проблемы со сном и усталость. В условиях современности важность решения указанных проблем возрастает, что связано с постоянно нарастающим количеством присутствия людей в Антарктике.

4. Выводы

Таким образом, использование тестовых пакетов для психологической диагностики возникновения проблем нормального ритма сон-бодрствование в сочетании с новыми смарт-технологиями мониторинга сна у зимовщиков дает возможность объективизировать индивидуальные динамические перестройки характеристик длительности и качества суточного сна в течение всего экспедиционного периода пребывания в Антарктике. Это позволяет расширить возможности оценивания психофизиологического состояния зимовщиков за счет анализа показателей продолжительности и качества сна на основании регистрации двигательной активности во сне. Дальнейшие исследования могут быть полезными для выяснения общей для всех антарктических станций проблемы борьбы с закономерными проявлениями «антарктического синдрома» у большого количества зимовщиков. В основе проявлений такого синдрома, по-видимому, лежит развивающееся состояние хронического стресса, что, в свою очередь, может быть тесно связано как раз с процессами негативных перестроек режима сон-бодрствование, в результате чего накапливается ощущение усталости с последующим вовлечением в патологический процесс центральных механизмов регуляции.

Работа выполнена в рамках Договора о научно-техническом сотрудничестве между Институтом проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины и Государственным учреждением Национальный антарктический научный центр МОН Украины согласно Государственной целевой научно-технической программы проведения исследования в Антарктике на 2011-2020 годы.

5. Благодарности

Авторы выражают благодарность всем членам команды 21 Украинской антарктической экспедиции за участие в исследовании и Марченко Н.В. за оперативную разработку программного обеспечения.

6. Литература

1. Моисеенко Е. В. Особенности адаптации человека к условиям Антарктики. *Наука і освіта*. 2014. №. 8. С. 133–137.
2. Моисеенко С. В. Механізми дизадаптації людини в Антарктиці. *Український антарктичний журнал*. 2009. № 8. С. 457–474.
3. Сухоруков В. И., Забродина Л. П. Особенности электрической активности мозга человека при длительном пребывании в условиях Антарктики. *Український антарктичний журнал*. 2011/2012. № 10-11. С. 365–369.
4. Arendt, J. 2012. Biological Rhythms During Residence in Polar Regions. *Chronobiology International*, 29(4), 379–394. DOI: 10.3109/07420528.2012.668997.
5. Arendt, J., Middleton, B. 2018. Human seasonal and circadian studies in Antarctica (Halley, 75°S). *General and Comparative Endocrinology*, 258, 250-258. DOI: 10.1016/j.ygcen.2017.05.010.
6. Bhattacharyya, M., Pal, M.S., Sharma, Y.K., Majumdar, D. 2008. Changes in sleep patterns during prolonged stays in Antarctica. *International Journal of Biometeorology*, 52(8), 869–879. DOI:10.1007/s00484-008-0183-2.
7. Buguet, A., Rivolier, J., Jouvet, M. 1987. Human sleep patterns in Antarctica. *Sleep*, 10(4), 374-382.
8. Chen, N., Wu, Q., Xiong, Y., Chen, G., Song, D., Xu, C. 2016. Circadian rhythm and sleep during prolonged Antarctic residence at Chinese Zhongshan station. *Wildness & Environmental Medicine*, 27(4), 458–467. DOI: 10.1016/j.wem.2016.07.004.
9. Crowley, S.J., Van Reen, E., LeBourgeois, M.K., Acebo, C., Tarokh, L., Seifer, R., Barker, D.H., Carskadon, M.A. 2014. A Longitudinal Assessment of Sleep Timing, Circadian Phase, and Phase Angle of Entrainment across Human Adolescence. *PLoS ONE*, 9(11), e112199. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0112199>. (Accessed 17 May 2017). DOI:10.1371/journal.pone.0112199.
10. Harris, A., Marquis, P., Eriksen, H.R., Grant, I., Corbett, R, Lie, S.A., Ursin, H. 2010. Diurnal rhythm in British Antarctic personnel. *Rural and Remote Health*, 10(2), 1351. Available from: www.rrh.org.au/journal/article/1351. (Accessed 10 May 2017).
11. Kolla, B.P., Mansukhani, S., Mansukhani, M.P. 2016. Consumer sleep tracking devices: a review of mechanisms, validity and utility. *Expert Review of Medical Devices*, 13(5), 497-506. DOI: 10.1586/17434440.2016.1171708.
12. Kryger, M., Roth, T., Dement, W. eds. 2017. *Principles and Practice of Sleep Medicine*, 6th edn. London: Elsevier Saunders. 1730 p.
13. Lockley, S.W., Skene, D.J., Arendt, J. 1999. Comparison between subjective and actigraphic measurement of sleep and sleep rhythms. *Journal of Sleep Research*, 8(3), 175–183. DOI: 10.1046/j.1365-2869.1999.00155.x.
14. Lowe, S.A., Ólaighin, G. 2014. Monitoring human health behaviour in one's living environment: A technological review. *Medical Engineering & Physics*, 36(2), 147-68. DOI: 10.1016/j.medengphy.2013.11.010.
15. Mansukhani, M.P., Kolla, B.P. 2017. Apps and fitness trackers that measure sleep: Are they useful? *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 84(6), 451-456.
16. Palinkas, L.A., Suedfeld, P. 2008. Psychological effects of polar expeditions. *Lancet*, 371(9607), 153–163. DOI:10.1016/S0140-6736(07)61056-3.
17. Pattyn, N., Mairesse, O., Cortoos, A., Marcoen, N., Neyt, X., Meeusen, R. 2017. Sleep during an Antarctic summer expedition: new light on “polar insomnia”. *Journal of Applied Physiology*, 122(4), 788–794. DOI:10.1152/japplphysiol.00606.2016.
18. Pattyn, N., Van Puyvelde, M., Fernandez-Tellez, H., Roelands, B., Mairesse, O. 2018. From the midnight sun to the longest night: sleep in Antarctica. *Sleep Medicine Reviews*, 37, 159-172. DOI:10.1016/j.smrv.2017.03.001.
19. Premkumar, M., Sable, T., Dhanwal, D., Dewan, R. 2013. Circadian levels of serum melatonin and cortisol in relation to changes in mood, sleep and neurocognitive performance spanning a year of residence in Antarctica. *Neuroscience Journal*, 2013, article ID 254090. Available from : <https://www.hindawi.com/journals/neuroscience/2013/254090/>. (Accessed 17 May 2017). DOI: 10.1155/2013/254090.
20. Rush, A.J., Gullion, C.M., Basco, M.R., Jarbet, R.B., Trivedi, M.H. 1996. The inventory of depressive symptomatology (IDS): psychometric properties. *Psychological Medicine*, 26(3), 477–486.
21. Vermeulen, L.P. 1977. Small-group behaviour in long-term isolation. *South African Journal of Sociology*, (15), 35-40. DOI: 10.1080/02580144.1977.10429245.
22. Winnebeck, E.C., Fischer, D., Leise, T., Roenneberg, T. 2018. Dynamics and Ultradian Structure of Human Sleep in Real Life. *Current Biology*, 28(1), 49-59. DOI: 10.1016/j.cub.2017.11.063.
23. Yoneyama, S., Hashimoto, S., Honma, K. 1999. Seasonal changes of human circadian rhythms in Antarctica. *American journal of physiology*, 277(4,Pt2), R1091–R1097. DOI: 10.1152/ajpregu.1999.277.4.R1091.
24. Zimmer, M., Cabral, J.C.C.R., Borges, F.C., Coco, K.G., Hameister, B. 2013. Psychological changes arising from an Antarctic stay: Systematic overview. *Estudos de Psicologia (Campinas)*, 30(3), 415-423. DOI: 10.1590/S0103-166X2013000300011.

7. References

1. Moiseyenko, Ye.V. 2014. Osobennosti adaptatsii cheloveka k usloviyam Antarktiki [Peculiarities of human adaptation to Antarctic conditions] *Nauka i osvita* [Science and Education], (8), 133–137.
2. Moiseyenko, Ye.V. 2009. Mechanizmy dizadaptatsii ludyny v Antarktysi [The disadaptation mechanisms of human at the Antarctica]. *Ukrainskij Antarktychnij Zhurnal* [Ukrainian Antarctic Journal], 8, 457–474.
3. Sukhorukov, V.I., Zabrodina, L.P. 2011/2012. Osobennosti elektricheskoy aktivnosti mozga cheloveka pri dlitel'nom prebyvanii v usloviyakh Antarktiki [Features of electrical activity of human brain during prolonged staying in Antarctica.]. *Ukrainskij Antarktychnij Zhurnal* [Ukrainian Antarctic Journal], 10-11, 365-369.
4. Arendt, J. 2012. Biological Rhythms During Residence in Polar Regions. *Chronobiology International*, 29(4), 379–394. DOI: 10.3109/07420528.2012.668997.
5. Arendt, J., Middleton, B. 2018. Human seasonal and circadian studies in Antarctica (Halley, 75°S). *General and Comparative Endocrinology*, 258, 250-258. DOI: 10.1016/j.ygcen.2017.05.010.
6. Bhattacharyya, M., Pal, M.S., Sharma, Y.K., Majumdar, D. 2008. Changes in sleep patterns during prolonged stays in Antarctica. *International Journal of Biometeorology*, 52(8), 869–879. DOI:10.1007/s00484-008-0183-2.
7. Buguet, A., Rivolier, J., Jouvet, M. 1987. Human sleep patterns in Antarctica. *Sleep*, 10(4), 374-382.
8. Chen, N., Wu, Q., Xiong, Y., Chen, G., Song, D., Xu, C. 2016. Circadian rhythm and sleep during prolonged Antarctic residence at Chinese Zhongshan station. *Wildness & Environmental Medicine*, 27(4), 458–467. DOI: 10.1016/j.wem.2016.07.004.
9. Crowley, S.J., Van Reen, E., LeBourgeois, M.K., Acebo, C., Tarokh, L., Seifer, R., Barker, D.H., Carskadon, M.A. 2014. A Longitudinal Assessment of Sleep Timing, Circadian Phase, and Phase Angle of Entrainment across Human Adolescence. *PLoS ONE*, 9(11), e112199. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0112199>. [Accessed 17 May 2017]. DOI:10.1371/journal.pone.0112199.
10. Harris, A., Marquis, P., Eriksen, H.R., Grant, I., Corbett, R, Lie, S.A., Ursin, H. 2010. Diurnal rhythm in British Antarctic personnel. *Rural and Remote Health*, 10(2), 1351. Available from: www.rrh.org.au/journal/article/1351. [Accessed 10 May 2017].
11. Kolla, B.P., Mansukhani, S., Mansukhani, M.P. 2016. Consumer sleep tracking devices: a review of mechanisms, validity and utility. *Expert Review of Medical Devices*, 13(5), 497-506. DOI: 10.1586/17434440.2016.1171708.
12. Kryger, M., Roth, T., Dement, W. eds. 2017. *Principles and Practice of Sleep Medicine*, 6th edn. London: Elsevier Saunders.
13. Lockley, S.W., Skene, D.J., Arendt, J. 1999. Comparison between subjective and actigraphic measurement of sleep and sleep rhythms. *Journal of Sleep Research*, 8(3), 175–183. DOI: 10.1046/j.1365-2869.1999.00155.x.
14. Lowe, S.A., O'Laighin, G. 2014. Monitoring human health behaviour in one's living environment: A technological review. *Medical Engineering&Physics*, 36(2):147-68. DOI: 10.1016/j.medengphy.2013.11.010.
15. Mansukhani, M.P., Kolla, B.P. 2017. Apps and fitness trackers that measure sleep: Are they useful? *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 84(6), 451-456.
16. Palinkas, L.A., Suedfeld, P. 2008. Psychological effects of polar expeditions. *Lancet*, 371(9607), 153–163. DOI:10.1016/S0140-6736(07)61056-3.
17. Pattyn, N., Mairesse, O., Cortoos, A., Marcoen, N., Neyt, X., Meeusen, R. 2017. Sleep during an Antarctic summer expedition: new light on “polar insomnia”. *Journal of Applied Physiology*, 122(4), 788–794. DOI:10.1152/jappphysiol.00606.2016.
18. Pattyn, N., Van Puyvelde, M., Fernandez-Tellez, H., Roelands, B., Mairesse, O. 2018. From the midnight sun to the longest night: sleep in Antarctica. *Sleep Medicine Reviews*, 37, 159-172. DOI:10.1016/j.smrv.2017.03.001.
19. Premkumar, M., Sable, T., Dhanwal, D., Dewan, R. 2013. Circadian levels of serum melatonin and cortisol in relation to changes in mood, sleep and neurocognitive performance spanning a year of residence in Antarctica. *Neuroscience Journal*, 2013, article ID 254090. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/neuroscience/2013/254090/>. [Accessed 17 May 2017]. DOI: 10.1155/2013/254090.
20. Rush, A.J., Gullion, C.M., Basco, M.R., Jarbet, R.B., Trivedi, M.H. 1996. The inventory of depressive symptomatology (IDS): psychometric properties. *Psychological Medicine*, 26(3), 477–486.
21. Vermeulen, L.P. 1977. Small-group behaviour in long-term isolation. *South African Journal of Sociology*, (15), 35-40. DOI: 10.1080/02580144.1977.10429245.
22. Winnebeck, E.C., Fischer, D., Leise, T., Roenneberg, T. 2018. Dynamics and Ultradian Structure of Human Sleep in Real Life. *Current Biology*, 28(1), 49-59. DOI: 10.1016/j.cub.2017.11.063.
23. Yoneyama, S., Hashimoto, S., Honma, K. 1999. Seasonal changes of human circadian rhythms in Antarctica. *American Journal of Physiology*, 277(4, Pt2), R1091–R1097. DOI: 10.1152/ajpregu.1999.277.4.R1091.
24. Zimmer, M., Cabral, J.C.C.R., Borges, F.C., Coco, K.G., Hameister, B. 2013. Psychological changes arising from an Antarctic stay: Systematic overview. *Estudos de Psicologia (Campinas)*, 30(3), 415-423. DOI: 10.1590/S0103-166X2013000300011.