



# Инерция сна

Е.М. Руцкова

Адрес для переписки: Елизавета Михайловна Руцкова, erutskova@gmail.com

*Инерция сна – явление временного снижения работоспособности, возникающее при пробуждении. Его можно считать когнитивно-поведенческим коррелятом сложного и постепенного перехода от состояния сна к состоянию бодрствования. Выраженность инерции сна зависит от продолжительности предшествующего сна, стадии сна, из которой происходит пробуждение, времени суток, наличия «сонного долга», а также от типа задачи, которую предстоит решать после внезапного пробуждения. Постепенное восстановление работоспособности занимает от трех минут до нескольких часов. Сказанное необходимо учитывать при организации режима восстанавливающего сна в рабочие часы в условиях продолжительной или сменной работы, требующей эффективных действий в случае резкого пробуждения.*

**Ключевые слова:** сон, инерция сна, регуляция сна, нейрофизиология пробуждения

Инерция сна – термин, описывающий особенности переходного состояния между сном и бодрствованием при пробуждении. Подобное состояние может характеризоваться сниженными когнитивными, сенсорными и моторными функциями, замешательством, дезориентацией. Феномен инерции сна заключается в том, что работоспособность человека непосредственно после сна ниже, чем перед засыпанием.

Первое исследование на эту тему было проведено в 1961 г. [1]. D. Langdon и В. Hartman затро-

нули две проблемы, с которыми сталкивалось командование при организации боевых дежурств: негативный эффект депривации сна и сниженная работоспособность служащих после внезапного пробуждения. За этой работой последовали другие, результаты которых продемонстрировали, что испытуемые выполняли задания в течение десяти минут после пробуждения хуже, чем перед сном [2]. R.J. Broughton в 1968 г. дал этому явлению название *sleep drunkenness* – сонное опьянение [3]. Существует и другое название – *post-sleep disorientation* (де-

зориентация при пробуждении). Между тем в научном сообществе закрепилось понятие инерции сна (*sleep inertia*), предложенное A. Lubin и соавт. в 1976 г. [4].

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что инерция сна при переходе из состояния сна в состояние бодрствования присутствует всегда. Ее выраженность и динамика зависят, в частности, от продолжительности сна, стадии сна, из которой происходит пробуждение, наличия «сонного долга» (предшествующей депривации сна), времени суток и типа задачи, которую предстоит решать после пробуждения. Наличие периода сниженного бодрствования при пробуждении – одно из самых серьезных возражений против практики короткого сна (*nap*) в условиях, когда человеку необходимо выполнять сложные задачи сразу после резкого пробуждения в непредсказуемое время [5]. Короткий сон считается эффективным средством повышения работоспособности в том случае, когда нормальный цикл «сон – бодрствование» невозможен, например при сменном режиме работы. Подобный рабочий сценарий становится все более популярным в сферах деятельности, в которых задействован высококвалифицированный персонал. Речь, в частности, идет о военной и космической сферах,



сфере менеджмента кризисов и катастроф. Однако негативный эффект депривации сна во время непрерывной продолжительной деятельности сравним с негативными эффектами инерции сна после внезапного пробуждения по тревоге, звонку и т.д. [6]. В связи с этим возникает закономерный вопрос: насколько внешние факторы (свет, звук), внутренние факторы (например, мотивация) или фармакологические агенты способны модулировать выраженность инерции сна и тем самым улучшать или ухудшать выполнение заданий? Кроме того, на данный момент ощущается недостаток исследований феномена инерции сна в контексте нарушений сна.

### **Инерция и длительность сна**

Инерция сна при пробуждении не зависит от его продолжительности. Согласно данным, полученным М. Jewett и соавт. (1999), даже после полноценного восьмичасового эпизода сна уровень когнитивных процессов у испытуемых, исходя из объективной (задача на сложение) и субъективной оценки, был снижен в среднем на 10,7% и постепенно возвращался к контрольному уровню в течение более двух часов [7]. Такая динамика наблюдалась даже у тех, кто не испытывал перед сном депривации сна и спал в привычное время. Отметим, что в большинстве исследований инерции сна за контрольный принимается уровень выполнения задания непосредственно перед сном.

А.Т. Wertz и соавт. (2006) показали, что динамика восстановления когнитивных функций после восьмичасового сна несколько иная: для подобного восстановления требовалось около часа [8]. Оценка основывалась на результатах выполнения теста на сложение. При пробуждении показатели были ниже, чем после суток, проведенных без сна.

Большинство исследований инерции сна включает оценку деятельности испытуемых после пробуж-

дения из сравнительно коротких эпизодов сна, к которым обычно прибегают для восстановления работоспособности в условиях продолжительной или сменной работы. Положительный эффект такого отдыха может быть перечеркнут негативным влиянием инерции сна на выполнение задачи при пробуждении, что делает поиск условий оптимального баланса крайне актуальным.

Так, при организации эффективного отдыха команды космического корабля было предложено использовать схему сна, при которой каждый из двух членов экипажа имел бы возможность спать восемь часов без перерыва [9]. Такая схема оказалась более предпочтительной по сравнению с той, которая предусматривала несколько коротких эпизодов сна и исключала оптимальную эффективность в течение первых двух минут после пробуждения по тревоге. Инерция сна приводила к увеличению времени реакции на величину от 12 до 360% по сравнению с контролем. При этом выполнение более сложной задачи страдало меньше, чем выполнение более простой. Эти данные наглядно иллюстрируют, что эффект инерции сна может зависеть от сложности задачи и измеряемого показателя (например, скорости или точности выполнения).

В ряде работ, посвященных изучению инерции сна, применяли полифазную схему сна. Испытуемым позволяли спать четыре часа ночью. Оставшиеся четыре часа сна они аккумулялировали, проводя во сне днем несколько периодов небольшой продолжительности (20, 50 или 80 минут). При такой схеме участники эксперимента в целом не испытывали недостатка сна. К тому же ко всем трем схемам они хорошо адаптировались. В зависимости от типа выполняемой задачи эффекты инерции сна несколько различались для разных схем [10]. В тесте на поиск определенной последовательности текстовых символов (тест MAST), который

Инерция сна при переходе из состояния сна в состояние бодрствования присутствует всегда. Ее выраженность и динамика зависят от продолжительности сна, стадии сна, из которой происходит пробуждение, предшествующей депривации сна, времени суток и типа задачи, которую предстоит решать после пробуждения

требует когнитивного вовлечения высокой степени, снижение уровня выполнения задания составило 3, 8 и 14% для 20-, 50- и 80-минутного эпизода сна соответственно [11]. Решение задачи на последовательное вычитание (тест DST) выявило более выраженное снижение показателей: на 21, 36 и 25% соответственно [12]. Интересно, что в целом инерция сна при пробуждении из 50-минутного эпизода сна была сильнее, чем при пробуждении из эпизодов как более коротких, так и более длинных.

На первый взгляд, такие данные вступают в противоречие с упомянутыми выше преимуществами эпизодов сна большей продолжительности. Однако они находят объяснение в контексте существования других факторов, определяющих выраженность инерции сна.

### **Инерция и стадия сна, предшествующая пробуждению**

При 20-минутной продолжительности эпизода сна испытуемые никогда не погружались в глубокий сон, и пробуждение всегда происходило из второй стадии медленного сна. То же наблюдалось и при пробуждении из 80-минутного эпизода, за исключением того, что иногда пробуждение приходилось на фазу быстрого сна. В этом случае инерция сна имела промежуточную выраженность. Схема



с 50-минутными эпизодами оказалась самой неудачной, поскольку такой продолжительности сна было достаточно для погружения в глубокий сон, но недостаточно для возвращения в первую и вторую стадию. Действительно, различные работы свидетельствуют о том, что пробуждение из первой или второй стадий медленного сна не приводит к существенному снижению уровня выполнения задания [13, 14].

Эффект пробуждения из быстрого сна не так однозначен. М. Stones не обнаружил эффекта инерции сна при пробуждении из быстрого сна. В то же время D. Koulack и K. Schultz (1974) в подобном эксперименте зарегистрировали существенное ухудшение выполнения зрительно-моторной и слуховой задач [15]. Причем выраженность инерции сна возрастала с увеличением числа движений глаз в фазе быстрого сна перед пробуждением.

Бесспорным представляется утверждение, что пробуждение из глубокого медленного сна приводит к максимальной инерции сна [16, 17]. W. Webb и H. Agnew (1964) стали одними из первых, кто продемонстрировал существенное (12%) снижение уровня выполнения сенсомоторных задач при пробуждении из четвертой стадии медленного сна во время дневного эпизода сна [18]. Глубокому сну соответствуют самые высокие сенсорные пороги, позволяющие предотвратить нежелательное пробуждение.

Сказанное подтверждает, что выполнение задач, связанное с сенсорным восприятием, после резкого пробуждения из глубокого сна страдает в большей степени, чем после пробуждения из второй стадии медленного сна [19, 20].

Время реакции при пробуждении из глубокого медленного сна длиннее, чем при пробуждении из быстрого сна [21, 22].

### **Инерция и депривация сна**

Предшествующая депривация сна – еще один важный фактор, влияющий на выраженность

инерции сна. D. Dinges и соавт. (1985) измеряли скорость реакций на условный стимул, а также оценивали качество выполнения задачи на вычитание при пробуждении ровно через два часа после 6, 18, 30, 42 или 54 часов депривации сна [5]. Депривация приводила к увеличению количества медленного сна в эпизодах двухчасового сна. Независимо от стадии, предшествующей пробуждению, в основной группе увеличивался когнитивный дефицит по сравнению с контрольной группой (без депривации). Это свидетельствовало о том, что архитектура сонного цикла как целое, а не только стадия сна при пробуждении может служить критическим фактором, определяющим силу инерции сна. В тесте на вычитание авторы измеряли число правильных ответов за единицу времени, рассматривая данный показатель как индекс скорости информационной переработки. При использовании схем, включавших 6, 18, 30, 42 и 54 часов депривации, число правильных ответов снижалось на 26,6, 38,4, 37,6, 70,9 и 70,9% соответственно. В целом, с увеличением продолжительности депривации инерция сна, равно как и глубина двухчасового эпизода сна, возрастала почти линейно, пропорционально длительности депривации. При полифазной схеме сна, которая продолжалась 48 дней и подразумевала редукцию сна до трех часов в день, было показано, что выполнение задачи на вычитание [12] и теста MAST [11] не ухудшалось существенно на протяжении всего экспериментального периода. Однако инерция сна, проявляющаяся в тесте на вычитание, существенно превосходила таковую в тесте MAST. Это согласуется с ранее полученными данными [10]. Вероятно, причина в том, что выполнение задачи на вычитание оценивали по количеству правильных ответов за единицу времени. Между тем тест MAST предусматривает оценку по общему числу правильных ответов. Кроме того, вторая

задача была сложнее первой. Тем не менее продолжительная депривация сна необязательна для получения подобных эффектов.

М. Gillberg (1984) сравнивал инерцию сна после часового эпизода сна в 21.30 и 04.30 [23]. В обоих случаях испытуемые были частично депривированы, поскольку предыдущей ночью спали только четыре часа. Автор показал, что инерция сна была более сильной при пробуждении во вторую половину ночи – в 04.30, поскольку потеря сна была немного больше, чем при пробуждении в первую половину ночи – в 21.30. Вместе с тем при обсуждении полученных результатов не учитывались возможные хронобиологические причины подобного различия.

T. Balkin и P. Badia (1988) также оценивали выполнение пятиминутной задачи на сложение и субъективную сонливость в ночное время в парадигме частичной депривации сна [24]. В течение четырех последовательных ночей испытуемых будили каждый час с 00.40 до 05.40 для 20-минутного тестирования. Степень ухудшения выполнения задачи на сложение после пробуждения увеличивалась от ночи к ночи. Это свидетельствовало о том, что даже при очень ограниченной депривации инерция сна увеличивалась пропорционально величине «сонного долга». Несмотря на то что количество правильных ответов в контрольном тесте до засыпания не отличалось для четырех ночей, тот же тест при пробуждении показал снижение результативности на 18,7% в первую ночь и на 10,2% в четвертую. В условиях повышенной сонливости ухудшение выполнения задания объяснялось в основном снижением среднего числа попыток, хотя средний уровень ошибок также возрос с 10 до 23%.

В исследовании P. Tassi и соавт. (1992) было установлено, что инерция сна в условиях частичной депривации на протяжении одной ночи была максимальной для выполнения задачи на использование пространственной памяти, когда



короткий эпизод сна располагался раньше в течение ночи. Эффект предположительно обусловлен преобладанием пробуждений из глубокого сна в случае более раннего по времени эпизода сна, поскольку в первой половине ночи количество глубокого сна больше, чем во второй. Это может говорить о том, что при незначительной (один час) продолжительности эпизода сна и умеренной депривации сна наиболее критичным фактором становится стадия сна при пробуждении, а не абсолютная величина «сонного долга» [25, 26].

### Инерция сна и циркадианные ритмы

На процесс засыпания влияют биологические часы. А что можно сказать об обратном процессе – процессе пробуждения?

P. Naitoh и соавт. (1993) были одними из тех, кто впервые затронул вопрос существования наиболее и наименее оптимального времени [27]. Испытуемые одной группы бодрствовали в течение 64-часового периода непрерывной работы, кроме 20-минутного эпизода сна каждые шесть часов. Участникам исследования, входившим в другую группу, не разрешалось спать в течение всего этого периода. Инерцию сна оценивали по выполнению задачи Baddley's logical reasoning test. Задача представляет собой работу с утверждениями различной синтаксической структуры и известна благодаря высокой чувствительности к эффектам депривации сна. Авторы не установили времени, когда инерция сна была бы максимальной или минимальной.

Иные результаты были получены в двух других исследованиях [5, 28]. Результаты первого показали, что инерция сна максимальна при пробуждении в момент, близкий к суточному минимуму температуры тела, и минимальна, когда период сна приходится на суточный температурный максимум. В этом эксперименте циркадианный фактор частично компенсировал негативное влияние депривации

на выраженность инерции сна, если короткий эпизод сна приходился на суточный максимум температуры тела. Такое взаимодействие факторов придает зависимости силы инерции сна от продолжительности депривации сна не совсем линейный характер.

R. Wilkinson и M. Stretton (1971) [16], T. Balkin и P. Badia [24] подчеркивали важность вида задачи, при выполнении которой оценивалась инерция сна, и считали его одной из причин противоречивости результатов. Например, в условиях частичной депривации сна в течение четырех ночей уровень выполнения задания был менее чувствителен ко времени суток, чем субъективные оценки сонливости. Субъективная сонливость увеличивалась в течение ночи, тогда как уровень выполнения задания оставался более или менее стабильным.

P. Lavie и B. Weler провели эксперимент с использованием ультракороткой схемы цикла «сон – бодрствование» (13 минут бодрствование – 7 минут сон) [29]. Схему вводили в 07.00 после ночи полной депривации сна и прерывали либо в 15.00, либо в 19.00 на двухчасовой сон. Более ранний эпизод сна (с 15.00 до 17.00) приводил к меньшей инерции сна, хотя и содержал больше глубокого медленного сна, чем поздний эпизод. По мнению авторов, это объяснялось тем, что после раннего эпизода выполнение задания совпадало с «запретными для сна зонами» [30].

В стандартных экспериментальных моделях очень сложно отделить влияние продолжительности бодрствования (депривации сна) от влияния циркадианного фактора. F. Scheer и соавт. (2008) предложили свое решение – протокол вынужденной десинхронизации, в котором испытуемым был искусственно навязан 28-часовой суточный ритм [31]. На сон была отведена треть новых суток. Эндогенный ритмоводитель не мог подстроиться к такому заметному отличию от обычной 24-часовой периодичности и начинал работать в соб-

ственном ритме, позволяя себя обнаружить. В этом элегантном эксперименте удалось показать четкую периодичность выраженности инерции сна.

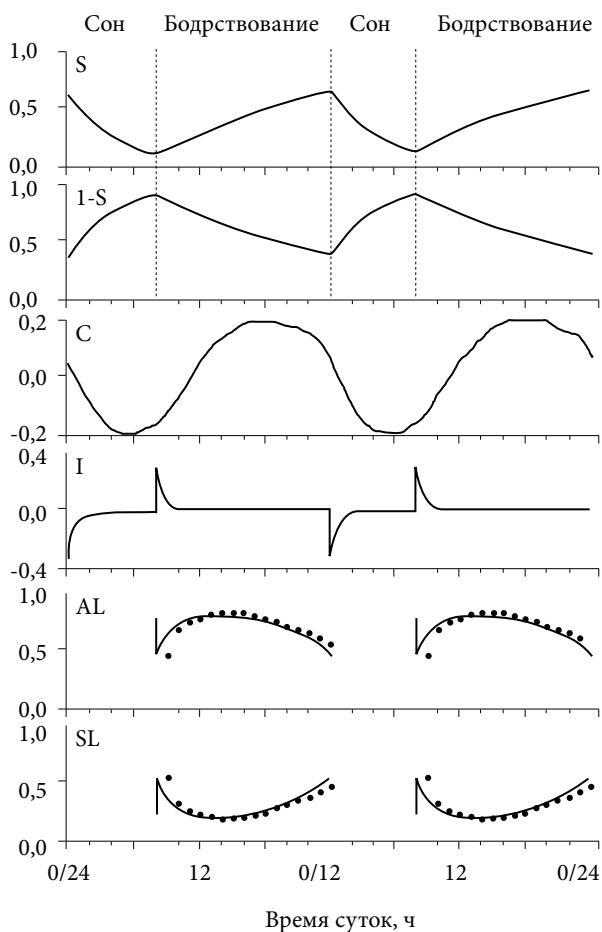
### Трехпроцессная модель

Согласно самой известной модели регуляции сна, предложенной А.А. Borbély в 1982 г. [32], чередование состояний сна и бодрствования определяется взаимодействием двух факторов: 24-часового циркадианного компонента, или процесса С синусоидальной формы, и гомеостатического компонента, или процесса S, который нарастает по экспоненте во время бодрствования и спадает во время сна. Такая модель позволяет прогнозировать уровень сонливости, усталости и работоспособности. Однако открытие феномена инерции сна потребовало принять во внимание тот факт, что для окончательного пробуждения необходимо определенное время. Именно поэтому в несколько моделей прогноза уровня бодрствования и работоспособности был включен новый компонент – процесс W (wake up) (встречается также название «компонент I» (inertia)). Он принимает форму отклонения от процесса S и является функцией логарифма продолжительности бодрствования. Его величина снижается асимптотически в течение двух-трех часов после пробуждения [33]. В приведенном примере трехпроцессной модели процесс W (инерция сна) действует независимо от процессов С и S (рисунок) [34]. Тем не менее нельзя исключить возможности их взаимодействия в нелинейной форме [7].

В недавнем исследовании было показано, что употребление жвачки, содержащей кофеин, сразу после пробуждения способно частично компенсировать негативный эффект инерции сна. Не исключено, что положительное воздействие кофеина на выраженность инерции сна реализуется опосредованно, через модуляцию гомеостатического компонента [35].

сонливость





Примечание. AL (alertness) – уровень бодрствования; C – циркадианный компонент; I – инерция сна; S – гомеостатический компонент (давление сна); SL (sleepiness) – уровень сонливости.

**Рисунок. Трехпроцессная модель регуляции уровня бодрствования (работоспособности) и сна: уровень бодрствования снижается при пробуждении, впоследствии восстанавливается; уровень сонливости ведет себя зеркально**

### Динамика инерции сна

Это аспект феномена инерции сна, являясь ключевым для составления практических рекомендаций, порождает множество противоречий. Результаты одних исследований свидетельствуют о том, что эффекты инерции сна, различные для отдельных ментальных функций, полностью исчезают в течение 3–30 минут при любых обстоятельствах [16, 25, 36, 37]. Данные других исследований выявляют более продолжительный период в отношении сниженного функционального состо-

яния – от 30 минут до нескольких часов [38–40].

В целом показано, что депривация сна – ключевой фактор, который продлевает эффект инерции сна и отодвигает возвращение уровня работоспособности к контрольным значениям. Однако, как уже отмечалось, результаты ряда исследований демонстрируют наличие инерции сна даже в нормальных условиях, когда сон имеет место в обычное для испытуемых время (восьмичасовой ночной сон или короткий эпизод дневного сна) и не предваряется депривацией. Авторы таких работ считают, что рассеяние инерции сна происходит экспоненциально и всегда можно применить короткие эпизоды сна при продолжительной работе, но необходимо следить за тем, чтобы работники не накопили к этому моменту солидный «сонный долг». Между тем вопрос разнообразия результатов исследований динамики инерции сна остается открытым. Скорее всего, различие полученных данных обусловлено разнообразием тестов и показателей, используемых исследователями для оценки эффекта инерции сна. Кроме того, одни авторы (таковых большинство) сравнивают уровень выполнения заданий после пробуждения с уровнем до сна, другие оперируют исключительно временем выхода уровня выполнения задания на плато.

### Методы оценки инерции сна

Эффект инерции сна был установлен для широкого спектра задач: на силу сжатия, устойчивость и координацию, зрительное восприятие, память, оценку времени, симуляцию сложного поведения, логическое мышление, вычисления в уме и еще целого ряда когнитивных задач [2]. Обычно в тестах используются такие показатели, как количество правильных ответов (в том числе за единицу времени), время простой и сложной реакции. В зависимости от используемой в исследовании задачи, которую испытуемо-

му предлагают выполнить после пробуждения, а также показателей, по которым оценивают уровень ее выполнения, можно получить разнообразные результаты. Имеют ли состояния депривации сна и пробуждения общие механизмы влияния на поведение? Чтобы ответить на этот вопрос, T. Balkin и P. Badia (1988) [24] использовали экспериментальную парадигму, включавшую частичную депривацию сна. Как показали результаты, для задачи на сложение эффект инерции сна качественно не отличался от эффекта депривации сна. Однако субъективные оценки сонливости свидетельствовали в пользу того, что два этих фактора способны влиять на состояние испытуемых по-разному. Интересно, что снижение субъективной сонливости при пробуждении характеризуется более быстрой динамикой, чем восстановление работоспособности [7], что может приводить к временной переоценке человеком собственных возможностей. В экспериментальных схемах, не приводящих к депривации сна, инерция сна практически всегда проявляется снижением скорости выполнения задания и небольшим либо нулевым снижением точности [6, 7, 9, 18, 41]. Даже в работе с частичной депривацией сна зарегистрировано увеличение скорости реакции в задаче на пространственную память, но не снижение процента правильных ответов [25]. Однако и скорость, и точность выполнения заданий демонстрируют спад при пробуждении, происходящем на фоне ощутимой депривации сна [5, 12]. Сказанное целесообразно учитывать при организации режима труда. Это позволит разработать оптимальную схему сна в рабочие часы в зависимости от вида задачи, которую предстоит выполнять человеку при внезапном пробуждении.

### Внешние факторы как модуляторы инерции сна

В одной из работ было высказано предположение, что инерция



сна вызвана замедлением мозгового метаболизма, что в свою очередь является следствием снижения температуры тела во время сна [5]. Исходя из этого закономерно было бы считать, что любой фактор, увеличивающий нейронную активность или температуру тела и мозговой метаболизм, снижает эффект инерции сна. Исследований, посвященных влиянию внешних факторов на силу инерции сна, крайне мало.

P. Tassi и соавт. (1992) показали, что негативные эффекты инерции сна для времени реакции могут быть полностью устранены постоянным шумом средней интенсивности [25]. Однако в том случае, когда к инерции сна добавляется эффект депривации сна, та же стимуляция может вызвать противоположный результат [25, 42].

Влияние света и физической активности на выраженность инерции сна при субъективной оценке уровня бодрствования и выполнении когнитивной задачи не доказано [7]. Правда, в данном эксперименте уровень освещенности был достаточно низким (150 и 10 Люкс), что могло оказаться несущественным для достижения выраженного эффекта.

### Нейрофизиологический субстрат инерции сна

Инерция сна – это отражение перехода между двумя состояниями на когнитивно-поведенческом уровне. Пробуждение нельзя сравнить с мгновенным переключением между сном и бодрствованием, скорее его можно представить как сложный и медленный процесс, требующий определенного времени.

Переходные периоды считаются самыми трудными для описания и понимания, так как они объединяют черты, присущие двум разным состояниям. При переходе наблюдается диссоциация различных параметров (когнитивных, физиологических и поведенческих), поскольку они

имеют индивидуальную динамику изменения. В течение определенного времени после пробуждения мозговая активность имеет черты, характерные для состояния сна.

C. Marzano и соавт. (2011) показали, что мощность высокочастотной активности электроэнцефалограммы (в диапазонах бета-1 и бета-2) после пробуждения была снижена практически во всех отведениях по сравнению с периодом, предшествующим засыпанию, а мощность медленноволновой активности все еще повышена в париетальных и затылочных отведениях [43]. По мнению авторов, это может служить признаком функциональной дифференциации между отдельными корковыми зонами и постепенного ее устранения при пробуждении.

Результаты двух исследований свидетельствуют, что зрительные потенциалы в период пробуждения больше похожи на те, которые можно зарегистрировать во время сна: их характеризует увеличенная латентность и сниженная амплитуда компонентов [3, 44].

Скорость мозгового кровотока при пробуждении снижена по сравнению со скоростью перед засыпанием и восстанавливается до контрольных значений в течение 30 минут [45].

Исследование с использованием метода позитронно-эмиссионной томографии показало, что первыми при пробуждении активизируются зоны мозгового ствола и таламуса. Это позволяет предположить роль указанных зон в восстановлении сознания. В следующие 15 минут бодрствования происходит перестройка активности ряда мозговых зон (в том числе возрастает активность передних областей коры и снижается активность ретикулярной формации среднего мозга). Это говорит о том, что снижение инерции сна связано именно с комплексной перестройкой, но не с изменением

Необходимо следить за тем, чтобы «сонный долг» не становился значительным (свыше 36 часов), а также за тем, чтобы эпизод восстанавливающего сна не располагался вблизи циркадианного минимума температуры тела и имел продолжительность, обеспечивающую наименьшую вероятность пробуждения из глубокого сна

активности отдельных мозговых областей [46].

Работа V. Vyazovskiy и соавт. (2014) позволила обнаружить нейрональные корреляты процесса естественного пробуждения в экспериментах на грызунах [47]. При пробуждении процесс вхождения работы нейронов в режим, характерный для бодрствования, и у крыс, и у мышей занимает несколько минут (до 12 минут).

Согласно приведенным данным, процессы засыпания и пробуждения имеют общие черты: в обоих случаях сон как бы вмещивается в состояние бодрствования. Исходя из этого можно предположить, что в основе негативных эффектов депривации сна и инерции сна лежат схожие механизмы. Однако тот факт, что при пробуждении, неотягощенном депривацией сна, страдает не качество процесса, а его скорость, позволяет рассматривать инерцию сна в ином ключе. Можно представить, что при пробуждении соответствующая перестройка мозговой активности уже произошла, но общий уровень активности еще снижен.

### Инерция и нарушения сна

Так же как и здоровые испытуемые, которых часто будили в течение ночи, пациенты с синдромом обструктивного апноэ сна демонстрировали более выраженную инерцию сна при про-



буждении [48]. Таким образом, фрагментация сна под влиянием экзогенных (слуховых сигналов) или эндогенных (синдрома обструктивного апноэ сна) факторов, видимо, приводила к интенсификации процесса сна и сопротивлению перехода в состояние бодрствования.

По данным двух исследований, пациентам, страдавшим нарколепсией, засыпание на короткий период не давало положительного эффекта [49, 50]. Исключение из обработки тестов, проведенных непосредственно после пробуж-

дения, существенно улучшило картину, что также свидетельствовало о наличии у этих пациентов инерции сна.

### Заключение

Феномен инерции сна следует учитывать при организации режима сна в рабочие часы, поскольку он может негативно повлиять на работоспособность сразу после пробуждения. Необходимо следить за тем, чтобы «сонный долг» не становился значительным (по данным различных работ, не должен превышать 36 часов),

а также за тем, чтобы эпизод восстанавливающего сна не располагался вблизи циркадианного минимума температуры тела и имел продолжительность, обеспечивающую наименьшую вероятность пробуждения из глубокого сна.

Крайне актуально дальнейшее проведение исследований, посвященных изучению природы инерции сна, определению роли экзогенных и эндогенных факторов в ее модуляции и выявлению особенностей ее выраженности и динамики у лиц с нарушениями сна. \*

### Литература

1. Langdon D.E., Hartman B. Performance upon sudden awakening // Tech. Doc. Rep. SAMTDR USAF Sch. Aerosp. Med. 1961. Vol. 62. № 17. 8 p.
2. Tassi P., Muzet A. Sleep inertia // Sleep Med. Rev. 2000. Vol. 4. № 4. P. 341–353.
3. Broughton R.J. Sleep disorders: disorders of arousal? Enuresis, somnambulism, and nightmares occur in confusional states of arousal, not in 'dreaming sleep' // Science. 1968. Vol. 159. № 3819. P. 1070–1078.
4. Lubin A., Hord D.J., Tracy M.L., Johnson L.C. Effects of exercise, bedrest and napping on performance decrement during 40 hours // Psychophysiology. 1976. Vol. 13. № 4. P. 334–339.
5. Dinges D.F., Orne M.T., Orne E.C. Assessing performance upon abrupt awakening from naps during quasi-continuous operations // Behav. Res. Methods. Instrum. Comput. 1985. Vol. 17. P. 37–45.
6. Dinges D.F. Are you awake? Cognitive performance and reverie during the hypnopompic state // Sleep and Cognition / ed. by R. Bootzin, J. Kihstrom, D. Schacter. Washington D.C.: American Psychological Society, 1990. P. 159–175.
7. Jewett M.E., Wyatt J.K., Ritz-De Cecco A. et al. Time course of sleep inertia dissipation in human performance and alertness // J. Sleep Res. 1999. Vol. 8. № 1. P. 1–8.
8. Wertz A.T., Ronda J.M., Czeisler C.A., Wright K.P.Jr. Effects of sleep inertia on cognition // JAMA. 2006. Vol. 295. № 2. P. 163–164.
9. Seminara J.L., Shavelson R.J. Effectiveness of space crew performance subsequent to sudden sleep arousal // Aerosp. Med. 1969. Vol. 40. № 7. P. 723–727.
10. Stampi C., Mullington J., Rivers M. et al. Ultrashort sleep schedules: sleep architecture and the recuperative value of multiple 80-, 50-, and 20-min naps // Sleep '90 / ed. by J.A. Home. Bochum: Pontenagel Press, 1990. P. 71–74.
11. Folkard S., Knauth P., Monk T.H. The effect of memory load on the circadian variation in performance efficiency under a rapidly rotating shift system // Ergonomics. 1976. Vol. 19. № 4. P. 479–488.
12. Evans F.J., Orne M.T. Recovery from fatigue (Annu. Summ. Rep. № 60). Frederick, MD: U.S. Army Medical Research and Development Command (NTIS № AD-AI00347).
13. Stones M.J. Memory performance after arousal from different sleep stages // Br. J. Psychol. 1977. Vol. 68. № 2. P. 177–181.
14. Bonnet M.H. Memory for events occurring during arousal from sleep // Psychophysiology. 1983. Vol. 20. № 1. P. 81–87.
15. Koulack D., Schultz K.J. Task performance after awakenings from different stages of sleep // Percept. Mot. Skills. 1974. Vol. 39. № 2. P. 792–794.
16. Wilkinson R.T., Stretton M. Performance after awakening at different times of night // Psychonom. Sc. 1971. Vol. 23. P. 283–285.
17. Bonnet M.H. Effect of sleep disruption on sleep, performance, and mood // Sleep. 1985. Vol. 8. № 1. P. 11–19.
18. Webb W.B., Agnew H. Reaction time and serial response efficiency on arousal from sleep // Percept. Mot. Skills. 1964. Vol. 18. P. 783–784.
19. Downey R., Bonnet M.H. Performance during frequent sleep disruption // Sleep. 1987. Vol. 10. № 4. P. 354–363.
20. Bonnet M.H. The effect of varying prophylactic naps on performance, alertness and mood throughout a 52-hour continuous operation // Sleep. 1991. Vol. 14. № 4. P. 307–315.
21. Feltin M., Broughton R.J. Differential effects of arousal from slow wave sleep and REM sleep // Psychophysiology. 1968. Vol. 5. № 2. P. 231.
22. Scott J., Snyder F. 'Critical reactivity' (Pieron) after abrupt awakenings in relation to EEG stages of sleep // Psychophysiology. 1968. Vol. 4. P. 370.
23. Gillberg M. The effects of two alternative timings of a one-hour nap on early morning performance // Biol. Psychol. 1984. Vol. 19. № 1. P. 45–54.
24. Balkin T.J., Badia P. Relationship between sleep inertia and sleepiness: cumulative effects of four nights of sleep disruption/restriction on performance following abrupt nocturnal awakenings // Biol. Psychol. 1988. Vol. 27. № 3. P. 245–258.
25. Tassi P., Nicolas A., Dewasmes G. et al. Effects of noise on sleep inertia as a function of circadian placement of a one-



- hour nap // *Percept. Mot. Skills*. 1992. Vol. 75. № 1. P. 291–302.
26. Tassi P., Nicolas A., Seegmuller C. et al. Interaction of the alerting effect of noise with partial sleep deprivation and circadian rhythmicity of vigilance // *Percept. Mot. Skills*. 1993. Vol. 77. № 3. Pt. 2. P. 1239–1248.
  27. Naitoh P., Kelly T., Babkoff H. Sleep inertia: best time not to wake up? // *Chronobiol. Int.* 1993. Vol. 10. № 2. P. 109–118.
  28. Fort A., Mills J.N. Influence of sleep, lack of sleep and circadian rhythms on short psychometric tests // *Aspects of human efficiency* / ed. by W.P. Colquhoun. London: English Universities Press, 1972. P. 115–127.
  29. Lavie P., Weler B. Timing of naps: effects on post-nap sleepiness levels // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1989. Vol. 72. № 3. P. 218–224.
  30. Lavie P. Ultrashort sleep-waking schedule. III. 'Gates' and 'forbidden zones' for sleep // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1986. Vol. 63. № 5. P. 414–425.
  31. Scheer F.F., Shea T.J., Hilton M.F., Shea S. An endogenous circadian rhythm in sleep inertia results in greatest cognitive impairment upon awakening during the biological night // *J. Biol. Rhythms*. 2008. Vol. 23. № 8. P. 353–361.
  32. Borbély A.A. A two process model of sleep regulation // *Hum. Neurobiol.* 1982. Vol. 1. № 3. P. 195–204.
  33. Folkard S., Akerstedt T. A three-process model of the regulation of alertness sleepiness // *Sleep, arousal, and performance* / ed. by R.J. Broughton, R.D. Ogilvie. Boston: Birkhäuser, 1992. P. 11–26.
  34. Achermann P., Borbély A.A. Simulation of daytime vigilance by the additive interaction of a homeostatic and a circadian process // *Biol. Cybern.* 1994. Vol. 71. № 2. P. 115–121.
  35. Newman R.A., Kamimori G.H., Wesensten N.J. et al. Caffeine gum minimizes sleep inertia // *Percept. Mot. Skills*. 2013. Vol. 116. № 1. P. 280–293.
  36. Dinges D.F., Orne M.T., Whitehouse W.G., Orne E.C. Temporal placement of a nap for alertness: contributions of circadian phase and prior wakefulness // *Sleep*. 1987. Vol. 10. № 4. P. 313–329.
  37. Sallinen M., Härmä M., Akerstedt T. et al. Promoting alertness with a short nap during a night shift // *J. Sleep Res.* 1998. Vol. 7. № 4. P. 240–247.
  38. Rogers A.S., Spencer M.B., Stone B.M., Nicholson A.N. The influence of a 1 h nap on performance overnight // *Ergonomics*. 1989. Vol. 32. № 10. P. 1193–1205.
  39. Naitoh P. Circadian cycles and restorative powers of naps // *Biological rhythms, sleep and shift work* / ed. by L.C. Johnson, D.I. Tepas, W.P. Colquhoun, M.J. Colligan. New York: Spectrum, 1981. P. 553–580.
  40. Haslam D.R. Sleep deprivation and naps // *Behav. Res. Meth. Instr. Com.* 1985. Vol. 17. № 1. P. 46–54.
  41. Bruck D., Pisani D.L. The effects of sleep inertia on decision-making performance // *J. Sleep Res.* 1999. Vol. 8. № 2. P. 95–103.
  42. Koelega H.S., Brinkman J.A. Noise and vigilance: an evaluative review // *Hum. Factors*. 1986. Vol. 28. № 4. P. 465–481.
  43. Marzano C., Ferrara M., Moroni F., De Gennaro L. Electroencephalographic sleep inertia of the awakening brain // *Neuroscience*. 2011. Vol. 176. P. 308–317.
  44. Takahashi M., Arito H. Sleep inertia and autonomic effects on post-nap P300 event-related potential // *Ind. Health*. 1998. Vol. 36. № 4. P. 347–353.
  45. Hajak G., Klingelhöfer J., Schulz-Varzegi M. et al. Relationship between cerebral blood flow velocities and cerebral electrical activity in sleep // *Sleep*. 1994. Vol. 17. № 1. P. 11–19.
  46. Balkin T.J., Braun A.R., Wesensten N.J. et al. The process of awakening: a PET study of regional brain activity patterns mediating the re-establishment of alertness and consciousness // *Brain*. 2002. Vol. 125. Pt. 10. P. 2308–2319.
  47. Vyazovskiy V.V., Cui N., Rodriguez A.V. et al. The dynamics of cortical neuronal activity in the first minutes after spontaneous awakening in rats and mice // *Sleep*. 2014. Vol. 37. № 8. P. 1337–1347.
  48. Chugh D.K., Weaver T.E., Dinges D.F. Neurobehavioral consequences of arousals // *Sleep*. 1996. Vol. 19. Suppl. 10. P. S198–201.
  49. Billiard M. Competition between the two types of sleep, and the recuperative function of REM versus NREM sleep in narcoleptics // *Narcolepsy* / ed. by C. Guilleminault, W.C. Dement, P. Passouant. New York: Spectrum, 1976. P. 77–96.
  50. Godbout R., Montplaisir J. All-day performance variations in normal and narcoleptic subjects // *Sleep*. 1986. Vol. 9. № 1. Pt. 2. P. 200–204.

СОННОЛОГИЯ

## Sleep Inertia

Ye.M. Rutskova

*Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of Russian Academy of Sciences, Moscow*

Contact person: Yelizaveta Mikhaylovna Rutskova, erutskova@gmail.com

*Sleep inertia is a phenomenon of temporal performance decrement upon awakening. It could be considered as a cognitive and behavioral reflection of a complex and gradual transition from sleep to wakefulness. Its severity depends on a number of factors: the duration of prior sleep, sleep stage prior to awakening, time of day, prior sleep deprivation, and the type of the task to perform. Progressive performance restoration could last from 3 minutes to several hours. These data are crucial for nap scheduling during quasi-continuous operations or shift working if the individual may be required to perform complex tasks immediately after sudden awakening at unpredictable times.*

**Key words:** sleep, sleep inertia, sleep regulation, neurophysiology of awakening