

10. Panksepp J. (1999). Affective neuroscience. Oxford: Oxford University Press.
11. Solms M. (1997). The neuropsychology of dreams; *Mahwah N.J.* Lawrence Erlbaum.
12. Solms M. (in press-a). Dreaming and REM sleep are controlled by different brain mechanisms // Behavioral and Brain Sciences.
13. Solms M. (in press-b). Ongoing discussion of Hobson J.A. (1999). The new neuropsychology of sleep: Implications for psychoanalysis // Neuro-Psychoanalysis.

## Процесс сновидения и мозг: от феноменологии к нейрофизиологии<sup>1</sup>

*Ювал Нир, Джулио Тонони.* Кафедра психиатрии, Университет Висконсина, Мэдисон, США.  
Пер. с англ. К.А. Лемешко

### Современные исследования сновидений

Хотя сновидения вдохновляли людей с незапамятных времен, их научные исследования начались сравнительно недавно [1–4]. В «Толковании сновидений» [5] Фрейд предсказывал: «Глубокие исследования однажды обнаружат органическую основу психических явлений». Последние работы, которые мы рассматриваем здесь, покажут, что прогноз Фрейда начинает сбываться.

Изучение сновидений представляет собой трудную задачу, так как они доступны лишь постфактум в отчете<sup>2</sup>, нежели непосредственному объективному наблюдению (Приложение 1), т.к. содержанием сна в ходе научного эксперимента трудно управлять, будь то воздействием раздражителей перед сном [6, 7] или непосредственно во время сна [7, 8]. Таким образом, сложно прогнозировать содержание определенных сновидений [9] и большинство современных исследований пытаются ретроспективно соотнести нейрональную активность с *формой сновидения*, а не с его *содержанием*. Тем не менее, как мы увидим далее, обнадеживающий прогресс был достигнут в соотнесении феноменологии сновидения с лежащей в его основе деятельностью головного мозга, а также в исследованиях локальных поражений мозга и развития ЦНС в ходе онтогенеза.

### Приложение 1. Можно ли использовать рассказы о содержании сна, чтобы передать все, что происходило во сне?

Могут ли отчеты, полученные при пробуждении спящего, точно передать субъективные переживания во сне? С одной стороны, можно полностью осознавать сон, но его можно помнить хорошо, плохо или напроцать забыть, в зависимости от состояния мозга во время пробуждения. И в самом деле, известно, что часто сновидения не запоминаются: неко-

<sup>1</sup> Nir Y., Tononi G. Dreaming and the brain: from phenomenology to neurophysiology // Trends Cogn Sci. 2010 February; 14 (2): 88–100. doi:10.1016/j.tics.2009.12.001

<sup>2</sup> Отчет — это письменный или устный рассказ о сновидении. Более подробно см. перевод статьи П. Килроу на с. 303 — Прим. пер.

торые люди утверждают, что сны им снятся редко, но систематические пробуждения в сомнологических лабораториях показали, что мы серьезно недооцениваем, насколько значителен наш сознательный опыт во время сна. С другой стороны, пациенты с неврологической патологией, которые сообщают об утрате способности видеть сны, вряд ли их не запоминают в отличие от тех, кто видит сны [22]. Это означает, что дефицит отчетов о сновидении скорее отражает недостаток соответствующего опыта, а не изменения механизмов припоминания этих феноменов. Исследования могут осветить этот вопрос, поскольку медиальные отделы височных долей, тесно связанные с механизмами памяти, высоко активны во время парадоксальной фазы сна (рис. 1, с. 47).

С другой стороны, можно утверждать, что во время сна люди пребывают в бессознательном состоянии и склонны конфабулировать при переходе к состоянию бодрствования. Хотя такое утверждение трудно опровергнуть (так же как трудно доказать, что человек не зомби, когда он просыпается), оно все же представляется неправдоподобным. С большим трудом верится, что люди, видевшие очень яркие и насыщенные сновидения, вообразили их в мгновение ока во время пробуждения. В самом деле, а) субъективно оцениваемое при помощи отчета время в сновидении коррелирует со временем, проведенным в парадоксальной фазе сна перед пробуждением; б) нарушения поведения в парадоксальную фазу сна (когда нарушается мышечная атония) напоминают во многом движения во время сновидения.

Отчеты, полученные при пробуждении из глубоких стадий медленноволнового сна, сложнее оценивать из-за дезориентации спящего, связанной с повышенной инерцией сна. Тем не менее, некоторые данные показывают, что сновидение может протекать и в фазе медленного сна, при этом не являясь припоминанием сновидений, имевших место в предшествующие фазы парадоксального сна [59]:

а) иногда вполне возможно влиять на содержание сновидения звуками, включаемыми во время медленного сна, и отследить НБДГ отчет [59];

б) некоторые парасомнии в фазе медленного сна (сноговорение, ночные ужасы) соответствуют сообщаемому сновидному опыту [115];

в) о «полноценных» сновидениях иногда сообщают испытуемые при пробуждении из первого эпизода медленного сна до того, как возникнет первый эпизод парадоксального сна [59, 66], и даже если период сна представлен только ортодоксальной фазой [67].

Тем не менее, следует помнить, что на достоверность отчета о сновидении влияет ряд факторов, когда они сравниваются с отчетами в состоянии бодрствования:

а) резкое изменение состояния, т.к. мы сообщаем о событиях во сне уже во время бодрствования;

б) значительный промежуток времени, поскольку отчет о сновидении представляется после соответствующего опыта и вполне вероятно, что это сопровождается пассивным забыванием и интерференцией;

в) трудности вербального описания событий, имеющих в основном зрительный и эмоциональный характер;

г) цензура неловкого, аморального, сексуального и агрессивного материала.

## ФЕНОМЕНОЛОГИЯ СНОВИДЕНИЙ И ИХ СВЯЗЬ С ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Уровень и природа нашего сознательного опыта резко варьирует в течение сна. Во время медленноволнового сна (МВС, НБДГ) в первой половине ночи сознание почти полностью угасает, несмотря на постоянную нейронную активность таламокортикальной системы [10]. Испытуемые, разбуженные в другие стадии сна<sup>1</sup>, особенно это характерно для парадоксальной фазы, но не исключительно для нее, сообщают о типичных «полноценных» сновидениях — ярких, сенсомоторных галлюцинаторных переживаниях, которые следуют нарративной структуре [3, 11]. Сновидец пребывает в сознании (его переживания чрезвычайно яркие), изолирован от окружающего мира, но почему-то его мозг создает историю, наполняет ее актерами и сценариями, генерирует галлюцинаторные образы. Каким образом мозг реализует столь примечательную задачу? И наоборот, что сновидения рассказывают нам об организации и работе мозга?

Поскольку пробуждение в парадоксальную фазу сна приводит к отчетам о типичных сновидениях, мы сначала сосредоточимся на нейрональной активности во время быстроволнового сна, чтобы разобраться в состояниях мозга, которые совместимы с процессом сновидения. Однако сразу же следует подчеркнуть, что сновидения могут возникать и в других состояниях мозга, например в глубокие стадии МВС, что рассматривается ниже.

### Сходства между процессом сновидения и бодрствованием

Чтобы разобраться в феноменологии и нейрональной основе сновидений, будет полезным рассмотреть как *сходства*, так и *различия* между сознательным опытом бодрствования и сознательным опытом процесса сновидения, а также связать эти различия с изменениями активности мозга и организацией этой активности. Вероятно, наиболее удивительным свойством сознательного опыта во сне является то, насколько похож внутренний мир сновидений на реальный мир бодрствования. И в самом деле, спящий может затрудниться определить точно, бодрствует он или спит. Определенно, сновидения не создаются в вакууме, но четко отражают организацию и функции нашего мозга.

В большинстве сновидений наиболее интенсивно представлены сенсорные модальности и субмодальности, доминирующие и в бодрствовании. Сновидения чрезвычайно зрительны, полноцветны, наполнены образами, движениями и включают в себя такие типичные категории бодрство-

<sup>1</sup> Ночной сон состоит из двух фаз: фазы с быстрыми движениями глаз (БДГ, или парадоксальной фазы) и НБДГ, или фазы медленного сна (МС). Медленный сон включает четыре стадии. — *Прим. пер.*

вания, как людей, лица, места, объекты, животных. Сновидения также содержат звуки (включая речь и разговоры), и гораздо реже — тактильные ощущения, запахи и вкусы, а также удовольствие и боль [4, 12–14]. Переживания типичных сновидений имеют четкий сенсорный характер (то есть они видятся, слышатся и ощущаются), при этом представляя собой мысли или абстрактные понятия.

Эти феноменологические сходства отражаются и в нейропсихологических подобиях между бодрствованием и процессом сновидения. По историческим и методологическим причинам большинство исследований с использованием электроэнцефалографии (ЭЭГ) и методов нейровизуализации противопоставляли мозговую активность спокойного бодрствования активности мозга в БДГ-фазу сна, при пробуждении из которой испытуемые наиболее часто сообщают о сновидениях [15–20]. При поверхностном рассмотрении ЭЭГ активного бодрствования выглядит в высшей степени похожей на БДГ-фазу сна. Исследования с использованием позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) показали, что общий мозговой метаболизм бодрствования и БДГ-сна вполне сопоставимы [11, 20]. Эти исследования также обнаружили интенсивную активацию высшего порядка затылочно-височной зрительной зоны коры больших полушарий во время БДГ-сна, что согласуется с яркой зрительной образностью сновидений (рис. 1, с. 47) [16, 17, 19].

Между когнитивной и нейрональной организацией процесса сновидения и бодрствования испытуемых также существует примечательная согласованность [13, 14]. Например, исследования детей показали, что особенности их сновидений отражают постепенное развитие, неразрывно связанное с их когнитивным развитием в бодрствовании (Приложение 2). Пациенты с локальными поражениями мозга, вызывающими нарушения когнитивных механизмов в бодрствовании, обнаруживают соответствующие нарушения когнитивных механизмов в сновидениях. Например, испытуемый с лицевой агнозией не снятся сны с лицами [22, 23] (Приложение 3).

## Приложение 2. Развитие сновидений у детей

Когда же у детей возникает процесс сновидения? Какого рода сны им снятся? Т.к. дети часто проявляют признаки эмоций во сне, можно допустить, что им снятся много снов. Однако исследования Дэвида Фолкса показали, что дети в возрасте до 7 лет сообщают о сновидениях лишь в 20% случаев пробуждений из БДГ-фазы сна по сравнению с 80–90% при пробуждении взрослых [21].

Сновидения дошкольников часто статичны и незамысловаты, например им снятся животные, они думают о еде. Нет персонажей, которые перемещаются, социальных взаимодействий, очень мало чувств, их сны не включают сновидца в качестве активного персонажа. У них также не встречается автобиографичных сновидений, эпизодических воспоминаний, весьма ве-

роятно потому, что дети имеют трудности с сознательным эпизодическим припоминанием вообще, что наводит на мысль об инфантильной амнезии. Дошкольники не сообщают о страхах в сновидениях, в них отмечается недостаток агрессии, несчастий и негативных эмоций. Заметим, что дети с ночными ужасами, когда они пробуждаются рано ночью из фазы медленного сна с интенсивным страхом и ажитацией, вероятно, испуганы дезориентацией скорее из-за неполного пробуждения, нежели вследствие содержания сновидения [116]. Таким образом, хотя дети в возрасте 2–5 лет, конечно, могут видеть и говорить об обычных людях, объектах и событиях, но они, несомненно, не могут быть представлены в их сновидениях.

В возрасте пяти-семи лет отчеты о сновидениях становятся длиннее, хотя все так же нечасты. Сновидения могут содержать последовательность событий, в которых персонажи перемещаются и взаимодействуют, но сюжетно-тематическая структура еще недостаточно развита. Примерно в возрасте семи лет сновидения становятся длиннее и встречаются более часто, содержат мысли и чувства. Ребенок сам становится актуальным персонажем сновидения, а сновидения начинают приобретать нарративную структуру и отражать автобиографические и эпизодические воспоминания.

Можно утверждать, что, возможно, всем детям снятся сны, но некоторые еще не представляют, что этот процесс является именно сновидением, и не запоминают своих сновидений или не могут сообщить о них из-за недостатка речевых навыков. В противовес этим интуитивным предположениям было обнаружено, что припоминание сновидений лучше всего коррелирует со способностью к образному мышлению, а не с хорошим владением языком. Способность к образному мышлению детей оценивалась по шкале «Конструирование блоков» теста Векслера [117]. В этом задании дети смотрели на модели или рисунки красных и белых образцов, а затем воссоздавали эти образцы из кубиков. Принципиально то, что общий балл в этих тестах является одним из параметров, который наилучшим образом коррелирует с отчетами детей о сновидениях. Проще говоря, именно дети с наиболее развитым образным мышлением и зрительно-пространственными навыками (а не речевыми или мнестическими) рассказывают наибольшее количество приснившихся им сновидений, что предполагает существенную разницу их субъективного опыта сновидения. Зрительно-пространственные навыки, как известно, опосредованы работой теменных долей, отростки нейронов которых полностью не покрываются миелиновой оболочкой до 7 лет. Таким образом, связь визуально-пространственного когнитивного развития с исследованиями созревания структур головного мозга [118] является важной областью будущих исследований.

Статичная природа сновидений дошкольников также согласуется с наблюдением, что этим детям не удается представить продолжительные зрительные трансформации [119]. В тесте «ментальное вращение» [120] испытуемых просили установить, являются ли две предъявляемые фигуры одной и той же или различными. В группе взрослых испытуемых время реакции (которое оценивалось в баллах) возрастает линейно с увеличением градуса вращения. Однако дети не обнаруживают этой связи и, по всей видимости, не имеют психического представления о движении с использованием зрительно-пространственного воображения. Это со-

гласуется с их отчетами о сновидениях, которым свойственен недостаток представления о движении [21].

В том же русле находятся результаты исследований лиц, ослепших после 5–7 летнего возраста. Они, судя по всему, обладают зрительным воображением и видят сны со зрительными образами на протяжении всей своей жизни, в то время как слепота в более раннем возрасте ведет к отсутствию визуализации как в бодрствовании, так и в сновидении [121–122<sup>1</sup>], хотя сновидения слепых людей остаются предметом научной дискуссии [123–125]. Более того, представляется, что сновидения — это процесс с постепенной когнитивной эволюцией, тесно связанной с развитием зрительного воображения.

Медленная эволюция сновидений с полноценно развитыми характеристиками и сюжетом и их тесная связь с воображением ставят под сомнение способность животных видеть сновидения так же, как видим их мы. Вполне возможно, что животные тоже могут испытывать некоторый опыт сновидения во время сна. Например, повреждение отделов продолговатого мозга, которые контролируют движения во время сна, служит причиной того, что кошки, по-видимому, начинают разыгрывать свои сновидения наподобие людей с поведенческими расстройствами в БДГ фазе сна [113]. Хотя кошки могут видеть образы и испытывать эмоции во сне, все же менее вероятно, что эти переживания связываются в нарратив, как в случае типичных сновидений взрослого человека [127]. В целом, какого бы рода опыт сновидения ни имело животное, оно может отражать только ту степень «сознательности», до которой в целом развит его ЦНС вообще. И сознательный опыт как бодрствования, так и сновидения лучше всего рассматривать в качестве постепенно развивающихся феноменов [80].

### Приложение 3. Исследование процесса сновидений при локальных поражениях мозга

Основным источником данных по нейропсихологии сновидений является исследование Солмза, который обследовал 361 пациента неврологических отделений и особое внимание уделил характеру их сновидений. В целом, исследования локальных поражений показывают, что работа процесса сновидения зависит от деятельности особых переднемозговых областей, а не от активности генератора БДГ–сна в продолговатом мозге [22, 128, 129]. В большинстве случаев полное прекращение процесса сновидения следует за поражением височно-теменно-затылочной области вокруг поля Бродмана 40, чаще одностороннего [23, 128]. Механизмы этой области обеспечивают различные когнитивные процессы, являющиеся существенными для зрительной образности [130]. Соответственно пациенты с поражениями этой зоны типично обнаруживают параллельный дефицит зрительно-пространственных навыков в бодрствовании [109]. Эти результаты четко демонстрируют, что воображение является когнитивной функцией, наиболее тесно связанной с процессом сновиде-

<sup>1</sup> См. перевод одной из статей о сновидениях у слепых людей, на которые ссылаются авторы, на с. 249 — *Прим. пер.*

ния (хотя обсуждается также связь между прекращением процесса сновидения и афазией [131]).

Несколько реже полное прекращение процесса сновидения следует за двусторонними поражениями белого вещества, залегающего в медио-базальных отделах префронтальной коры и окружающего передние рога боковых желудочков [22]. Многие из этих нервных волокон начинаются или оканчиваются в лимбических отделах мозга, в соответствии с возрастающей лимбической активностью во время БДГ-фазы сна, что демонстрируют методы функциональной визуализации [15, 16, 18]. Медио-базальное белое вещество содержит дофаминергические проекции к лобным долям, которые пересекались при префронтальной лейкотомии, ранее выполнявшейся у многих пациентов, страдающих шизофренией. Большинство пациентов после оперативного вмешательства (70–90%) жаловались на полное прекращение процесса сновидения, а также на отсутствие инициативности, любопытства и фантазийной активности в бодрствовании. Поскольку дофамин может побуждать поисковую активность, эти данные рассматриваются как поддерживающие классический психодинамический взгляд на функцию сновидения как осуществление бессознательных желаний, связанных с эгоистичными импульсами [132].

Помимо полного прекращения процесса сновидения, более локальные поражения вызывают остановку *визуальных сновидений* [22, 109] или распад *особых зрительных координат* в сновидениях. Например, поражения специфических областей, которые лежат в основе зрительного восприятия цвета или движения, связаны с соответствующим дефицитом в процессе сновидения [23, 109]. В целом представляется, что поражения, приводящие к нарушениям в бодрствовании, сопровождаются параллельными нарушениями в сновидениях.

Некоторые поражения, особенно медиальной префронтальной коры, передних отделов и базальных отделов переднего мозга, связаны с *повышенной* частотой и яркостью сновидений и их вторжением в идеаторные процессы бодрствования [22]. Важно то, что многие пациенты с поражениями мозга не отмечают *никаких изменений* процесса сновидения, что указывает на то, что нейронная сеть, обеспечивающая работу процесса сновидения, высоко специфична. Например, повреждения дорсолатеральной поверхности префронтальной коры, сенсороторной коры и зоны V1 зрительной коры, по всей видимости, вообще не влияют на процесс сновидения [22]. То обстоятельство, что пациенты с поражениями зоны V1 сообщают о ярких сновидениях, говорит против положения о том, что повторное поступление информации в зрительную кору является необходимым условием для зрительного осознания [133].

Сновидения, как и психическая активность в бодрствовании, отражают также наши интересы и личностные особенности. Формальный контент-анализ показал, что настроение, способность к воображению, особый интерес коррелируют с нашим самосознанием в бодрствовании и в сновидении [12–14]. Личностная тревожность, которую мы испытываем в бодрствовании, например, когда мы неподобающе одеты, исчезает, или опасение опоздать на экзамен могут появиться в сновидениях, которые включают социальные взаимодействия [24]. Сновидения, как наша

личность в целом, довольно стабильны во времени у взрослых [12–24] и разделяют также культуральные характеристики [12–14]. Кроме того, мы ощущаем свое непосредственное участие во многих событиях сновидений.

Несмотря на эти примечательные сходства, делающие осознание в сновидении таким очаровательным, есть также и моменты, в которых оно отличается от нашего бодрствования. Некоторым из этих феноменологических различий сопутствуют аналогичные нейропсихологические особенности.

**Обеднение волевой сферы.** Во время пробуждения мы в целом удивлены событиями сновидения («это был всего лишь сон») в основном потому, что сознательно не пожелали бы того, что нам снилось. В действительности, в процессе сновидения имеется значительная редукция волевого контроля над действием и мышлением. Мы не можем достигать целей, не можем управлять сюжетом сновидения. То обстоятельство, что мы столь удивлены, возбуждены или даже скептически относимся к яркому сновидению — и здесь лежит особый путь к управлению некоторыми сновидениями [25], — иллюстрирует, насколько недостает сновидениям волевого контроля [9]. Интересно отметить, что недавние данные указывают на роль правых нижних отделов теменной коры (поле Бродмана 40) при волевых процессах бодрствования [26, 27]. Деятельность именно этой области тормозится во время БДГ-фазы сна [15, 16] (см. рис. 1).

**Редукция самосознания и нарушения мышления.** Наш сознательный опыт сновидения состоит из единичного «отпечатка»: мы не осознаем контекстуально, где находимся (в действительности находясь в кровати) или чем занимаемся (спим и видим сон). Есть устойчивая склонность к различению нарратива мыслей и визуальных образов в целях сохранения рассудочной деятельности («недвузначность» [28]). Более того, отчеты о психической деятельности в парадоксальную фазу сна длиннее, чем отчеты, полученные при естественном пробуждении испытуемых [28]. Процесс сновидения почти всегда иллюзорный, т.к. события и персонажи воспринимаются как реальные. Процесс мышления нарушается вследствие устойчивости противоречивых убеждений, и спящий легко соглашается с невозможными в реальности событиями, например левитацией, переключением несовместимых сцен, быстрой трансформацией и такими несуществующими объектами [29], как розовый слон. Становятся непонятными пространство, время и собственная личность [30]. Например, персонаж может носить имя, одежду и прическу друга-мужчины, но при этом иметь лицо матери. Снижение самоконтроля в сновидениях может быть связано с торможением таких отделов мозга, как задняя поясная извилина, нижние отделы теменной коры, орбито-фронтальная кора и заднелатеральная префронтальная кора [15, 16, рис. 1, с. 47]. К тому же в исследованиях было показано, что торможение префронтальной коры приводит к снижению

самосознания даже во время чрезвычайно увлекательного сенсорного восприятия в бодрствовании [31]. Тем не менее, в некоторых сновидениях могут сохраняться процессы рассудочной деятельности. Например, замешательство по поводу невозможности каких-либо событий [32], тщательная оценка альтернатив при принятии решения [32], размышления во время социальных взаимодействий [32] и даже «теория психики» [33], показывающая, что сновидения одного и того же индивида могут значительно отличаться в данном аспекте.

**Эмоциональность.** Некоторые сны характеризуются большой степенью эмоциональной составляющей, включая радость, удивление, гнев, страх и тревогу [34–36]. Интересно, что печаль, вина и депрессивный аффект более редки [11], вероятно, это связано со снижением самосознания. Некоторые исследователи утверждают, что страх и тревога в сновидениях усилены до такой степени, какая редко встречается в бодрствовании [37], что согласуется с предположением Фрейда, что нарратив сновидения происходит из воспринятых в течение дня опасностей и конфликтов. Является ли такой подход обоснованным или нет, но БДГ-сон и в самом деле связан с отчетливой активацией лимбических и паралимбических структур, таких как миндалина, передняя поясная извилина и островок Рейля [15, 17, 19] (рис. 1, с. 47). Однако значение эмоций в других снах ничтожно или они вообще отсутствуют в 25–30% отчетов о сновидениях, полученных при пробуждении из БДГ-сна [34–36], включая те ситуации, в которых во время бодрствования эмоции имели бы место [34]. Это в очередной раз подчеркивает изменчивость феноменологии сновидения.

**Нарушение процессов памяти.** Память радикально изменяется как на предмет сновидения, так и в нем самом. К тому моменту как сновидец проснулся, большая часть сновидений уже утеряна навсегда. После пробуждения память *на предмет событий сновидения* быстро исчезает до тех пор, пока сновидение не будет записано на бумагу или диктофон. Это справедливо даже для очень интенсивных эмоциональных сновидений. С позиции исследований при помощи методов нейровизуализации так и неясно, почему происходит именно так, поскольку лимбическая система и медиальные отделы височных долей, участвующие в процессах памяти, высоко активны во время БДГ-фазы сна [15–18] (рис. 1, с. 49). Возможно, гиперактивность префронтальной коры, также вовлеченной в мнестические процессы, играет важную роль в амнезии сновидений. Современные теории процесса сновидения (табл. 1, с. 50) предлагают различные подходы к пониманию амнезии сновидений. Например, в соответствии с психодинамическими моделями она является следствием процессов активного вытеснения [5]. В соответствии с АИМ моделью Хобсона амнезия сновидений относится к измененному состоянию, включающему инактивацию моноаминергических систем («аминергическую демодуляцию») и торможение дорсолатеральных отделов префронтальной коры [11]. Нейрокогни-

тивная модель утверждает, что сновидения обычно забываются потому, что они представляют собой внутренние нарративы; до тех пор, пока внутренние переживания привязаны к таким внешним сигналам, как время и место, эти переживания подвержены забыванию [13].

Эпизодическая память также ухудшается *во время* процесса сновидения. Более того, сновидение не похоже на эпизод жизни, подверженный «регулярному воспроизведению». В одном исследовании испытуемые интенсивно играли в компьютерную игру Тетрис, а в последующих сновидениях не отмечалось эпизодических воспоминаний об этом событии. Фактически сновидения здоровых испытуемых неотличимы от сновидений испытуемых с тяжелой амнезией, которые вообще не могли припомнить игру в Тетрис. Но как нормальные, так и испытуемые с амнезией часто сообщали о таких сенсорных фрагментах, как падающие блоки на компьютерном экране, во время засыпания [38]. В то время, как «остатки» переживаний бодрствования включались примерно в 50% сновидений [39–41], там они по-новому складывались в бессвязные контексты, а подтвержденные воспоминания об эпизодах недавней жизни обнаруживались лишь в 1,5% сновидений [42]. Такие остаточные воспоминания, как утверждалось некоторыми исследователями, могут играть активную роль при забывании [5, 43]. И, наконец, складывается впечатление, что сеть ассоциаций, хранящаяся в нашей памяти, может стать менее связанной в сновидении, чем в бодрствовании [44, 45], что, возможно, способствует творческому мышлению и решению трудностей [4, 46].

Подведем краткий итог. Сознание в сновидении необычайно похоже на сознание в бодрствовании, хотя несколько интригующих различий все же есть. Они включают редукцию внимания и волевого контроля, недостаток самосознания, измененное мышление, нерегулярную гиперэмоциональность и ослабленную память. Традиционно феноменология сна часто сравнивается с психозом [3, 11, 47], но в действительности галлюцинации, дезориентировка и последующая амнезия некоторых странных сновидений больше напоминают состояние спутанности, известное как *делирий*, который возникает после отмены алкоголя и наркотических средств [48]. Однако большинство сновидений менее нелепы и, вероятно, более похоже на удивляющийся разум или мышление, не зависящее от внешних импульсов [14, 49, 50]. Мысли при пробуждении прыгают вокруг и погружаются в странные грезы, руминацию и волнение гораздо чаще, чем предполагает рациональное обыденное мышление [51]. Важно отметить, что сны индивидов значительно различаются по феноменологии, и только некоторые соответствуют часто описываемым типичным монотипным и шаблонным. Таким образом, как и многообразие опыта бодрствования, «не все сновидения созданы по единому образу и подобию». Последующие исследования должны учитывать как различные типы сновидений, так и их нейронные корреляты.

Какие механизмы ответственны за регионарные различия мозговой активности между бодрствованием и БДГ-сном и, предположительно, также за некоторые когнитивные различия между бодрствованием и процессом сновидения? Единство физиологических процессов показывает, что в целом кортикальная активность парадоксальной фазы достигает схожих уровней, которые определяются при активном бодрствовании (рис. 2, с. 48), но различная активность мозговых зон остается неисследованной. Региональные различия могут являться результатом изменений активации нейромодуляторных систем (рис. 2, с. 48). Во время БДГ-сна лишь ацетилхолин поддерживает мозговую активацию, в то время как моноаминергические системы замолкают. Это наблюдение могло бы объяснить многие характерные особенности сновидений [11]. Например, согласно данным нейровизуализации холинергическая иннервация более сильна в лимбической и паралимбической зонах, чем в дорсолатеральных отделах префронтальной коры [52], что может объяснять, почему лимбические отделы высоко активны в быстроволновом сне, в то время как дорсолатеральные отделы префронтальной коры тормозятся (рис. 1, с. 47). Дофаминергическая модуляция также может играть роль [23], т.к. процесс сновидения прекращается при префронтальной лейкомии, при которой пересекаются дофаминергические проводящие пути [53], но усиливается при назначении дофаминергических агонистов [23] (табл. 1, с. 50 и рис. 2, с. 48).

В целом, отнесение типичных сновидений к нейрофизиологии БДГ-сна обеспечило создание фундамента открытия нейрональной основы процесса сновидения. Тем не менее сознательный опыт во сне не может быть редуцирован до активности мозга в парадоксальной фазе. Кроме того, некоторые фундаментальные вопросы об отношении между мозгом и процессом сновидения долго остаются без ответов. Мы, в свою очередь, обсудим три из них: 1) что определяет уровень сознания во время сна, 2) почему сновидец изолирован от окружающей его действительности, 3) относятся ли сны больше к восприятию или к воображению.

### Что определяет уровень сознания во время сна?

Изучение психических феноменов во время сна предлагает нам уникальную возможность объяснить, как изменения активности мозга связаны с изменениями сознания [3, 54]. В самом деле, если бы сознание регулярно не выключалось и не включалось во время сна, трудно было бы представить, что оно как-то зависит от режима функционирования мозга. Исследования традиционно сосредоточивались на различиях между отчетами, полученными после пробуждений в различные стадии ночного сна или в разное время ночи. Когда быстроволновой сон еще только начали отличать от медленноволнового [55], сообщалось о том, что 74–80% пробуждений из БДГ-фазы вызывают четкое воспоминание о сновиде-

нии, в то время как пробуждение из НБДГ-фазы сна сопровождалось лишь 7–9% таких сообщений [56, 57]. Вполне естественно, что напрашивался вывод, что, в отличие от физиологии медленноволнового сна, парадоксальный сон, и особенно его быстроволновая, низкоамплитудная составляющая ЭЭГ, напоминающая ЭЭГ в бодрствовании, является причиной нашего сознательного опыта и собственно сновидения, чего не наблюдается в медленноволновую фазу сна [29]. К тому же в течение определенного времени отчеты о психической активности при пробуждении из НБДГ-сна рассматривались как воспоминания о ранее снившихся сновидениях в парадоксальную фазу или считались аналогичными говорению во сне [3], либо рассматривались как конфабуляции испытуемых вследствие дезориентировки при пробуждении [9] (приложение 1). Однако смена постановки вопроса «Скажите, не снился ли вам сон?» сменилась на «Расскажите обо всем, что происходило в вашей голове до того, как вас разбудили» привела к тому, что отчеты о сознательном опыте в НБДГ- фазу сна выросли с 23 до 74% [9]. Последующие исследования ясно продемонстрировали, что пробуждения в НБДГ-фазу сна приводят к отчетам о психической активности [58, 59].

А именно отчеты о сновидении, полученные при пробуждении из 1-й стадии медленноволнового сна, крайне часты (80–90%), хотя и довольно кратки [60]. Обычно испытуемые сообщают о яркой галлюцинаторной активности, так называемых *гипнагогических галлюцинациях*. В отличие от типичных сновидений, гипнагогические галлюцинации часто статичны — как единичные снимки [11, 47] — и, как правило, не включают собственную личность сновидца в роли персонажа [14]. Некоторые виды деятельности, осуществляемые непосредственно перед сном (например, видео игры), могут влиять на содержание гипнагогических сновидений [38, 61]. Пробуждения из 2 и 3-й стадии медленноволнового сна приводят к отчетам в 50–70% случаев [59], хотя существуют значительные различия как между испытуемыми, так и временем пробуждения. В первой половине ночи, когда преобладает 3-я стадия, а на ЭЭГ регистрируются преимущественно амплитудные низкочастотные волны, пробуждения дают малое количество отчетов [62]. Более того, эти отчеты часто в количественных характеристиках отличаются от типичных отчетов парадоксальной фазы. Обычно такие отчеты короткие, мысленные, менее яркие, менее зрительные, более абстрактные, содержат меньшее количество анимации, подвержены большему волевому контролю, более правдоподобны, больше связаны с текущими заботами, менее эмоциональны и менее приятны [9, 11, 63]. Также средняя длительность отчетов из БДГ-фазы увеличивается с удлинением эпизодов БДГ-сна. Отчеты из НБДГ-фазы не имеют такой тенденции [62]. Однако в более поздние часы ночи НБДГ-отчеты становятся более длинными и более галлюцинаторными. К тому же 10–30% всех НБДГ-отчетов о сновидении ни по каким критериям неотличимы от отчетов

тов из БДГ-сна [64, 65]. Т.к. медленноволновой сон занимает 75% всего цикла сна, это значит, что полноценные НБДГ-сновидения являются причиной значительного количества всех типичных сновидений.

Таким образом, исходное уравнивание физиологического состояния (парадоксального сна) с психическим состоянием (процессом сновидения) было некорректным, но более верно говорить о чрезмерном упрощении. Более того, нейропсихологические данные указывают, что процесс сновидения и парадоксальный сон могут быть отдельными состояниями: локальные поражения переднего мозга могут разрушить процесс сновидения, но оставить интактным парадоксальный сон, в то время как поражения продолговатого мозга могут почти полностью исключить четкие признаки парадоксального сна, оставляя процесс сновидения интактным [23] (Приложение 3). Но отчеты о сновидении могут быть получены во время любой стадии сна [11, 47, 59, 66, 67]. И наоборот, некоторые случаи пробуждений могут не привести ни к каким отчетам, независимо от того, в какую стадию сна проводилось пробуждение [59]. Так на каком же фундаменте мы стоим сегодня с учетом отношений между деятельностью мозга и сознанием во время сна?

Ясным представляется только одно: при исследовании сновидений нам следует выйти за рамки дихотомии медленноволновый/быстроволновой сон, а также за пределы традиционного разделения сна на стадии. Хотя эта классификация и полезна, но она все же рассматривает активность мозга как единообразную в пространстве (поскольку используется всего несколько электродов) и во времени (подсчет ведется по 30-секундным эпохам). Неизбежно более тонкие особенности мозговой активности, которые могут значительно влиять на наличие, уровень и субъективный мониторинг сознания, нивелируются в заданной системе отсчета пространства и времени.

В пространственной сфере появляется все больше и больше данных, говорящих о том, что различные отделы мозга в одно и то же время могут пребывать в различных состояниях. Например, предварительные результаты показывают, что при снухождении таламокортикальная система может быть столь же активной, как и в бодрствовании, хотя остальная часть коры больших полушарий пребывает в состоянии медленноволнового сна [68]. Сходный вывод получен при исследовании парасомний, характерной особенностью которых являются поведенческие феномены во время сна, но обычно наблюдаемые лишь в бодрствовании [69]. Например, нарушения поведения во время БДГ-сна, вопреки распространенному мнению, демонстрируют, что бодрствование, БДГ-сон и НБДГ-сон необязательно исключают друг друга [69]. В контексте настоящей работы эти результаты означают, что процесс сновидения и медленноволновой сон относятся к «покрову» БДГ-процессов, протекающих локально [59]. Таким образом, усовершенствованный анализ с помощью фМРТ или

ЭЭГ высокой интенсивности (hdEEG) потенциально могли бы установить локальные специфические предикторы процесса сновидения и, возможно, указать в режиме реального времени будет ли получен отчет о сновидении.

Во временной сфере предпринимались попытки соотнести переходную фазическую активность [70] с процессом сновидения. Например, различные исследования пытались увязать припоминание сновидения с движениями глаз [71, 72], понто-геникуло-окципитальными (ПГО) волнами [73] и вспышками ЭЭГ в определенных диапазонах частот [74], но успехи в этом направлении пока ограничены, и подобные связи не устанавливались в отношении медленноволнового сна [11, 75, 76]. На сегодняшний день нам известно, что медленные волны НБДГ-сна отражают медленную осцилляцию кортикальных нейронов между состояниями ВЫСОКОЙ и НИЗКОЙ активности (рис. 2, с. 48) [77, 78]. Возможно, что для процесса сновидения необходимо длительное состояние ВЫСОКОЙ активности. Во время БДГ-сна отсутствие медленных волн является нормальным. Что касается НБДГ-сна, следовало бы ожидать, что высокая частота припоминания сновидений, особенно в утренние часы, отражала бы более длительные периоды ВЫСОКОЙ активности в связи с рассеиванием инертности сна (рис. 2, с. 48) [79]. В общем, сосредоточение, а не избегание «серых зон», в которых более трудно предсказать, получим ли мы отчет о сновидении, например, на ранних периодах БДГ-сна или в поздние стадии НБДГ-сна, могло бы стать многообещающей стратегией для определения психофизиологических коррелятов, которые выходят за рамки традиционного выделения стадий сна.

И, наконец, теоретические концепции предполагают, что уровень сознания может зависеть от способности мозга интегрировать информацию [80]. Кроме того, во время бодрствования внешние возмущения, например транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС), вызывают изменяющиеся паттерны активации удаленных, но связанных между собой отделов мозга [10]. В парадоксальную фазу сна характер распространения вызванной активности сходен с картиной бодрствования [81]. Во время глубоких стадий медленного сна первой половины ночи, когда наиболее вероятно низкая активность сознания, напротив — ответ, вызванный ТМС, остается локальным (интеграция утрачивается) или распространяется неспецифично (информация теряется). Очевидно, способность мозга интегрировать информацию снижается, если нейроны становятся бистабильными между двумя состояниями — ВЫСОКОЙ и НИЗКОЙ активации. Примечательно, что ТМС может предложить более чувствительный метод исследования внутреннего состояния мозга, нежели спонтанная ЭЭГ. Например, подобные возмущения могут раскрыть неотъемлемую бистабильность длительных промежутков медленноволнового сна, даже если ЭЭГ демонстрирует низкоамплитудные паттерны, напоминающие бодрствование [82].

## Почему сновидец изолирован от окружающей среды?

Наиболее явное отличие между процессом сновидения и сознательной деятельностью бодрствования — это глубокий разрыв сознания с окружающим миром. Конечно же, он является ключевой особенностью ночного сна: спящий по определению не проявляет никаких ответов на внешние стимулы до тех пор, пока они не станут настолько сильными, чтобы вызвать пробуждение. Эта особенность известна как «высокий порог пробуждения» и сохраняется даже во время парадоксального сна, несмотря на низкоамплитудную ЭЭГ, напоминающую картину бодрствования [83]. Более того, стимулы не только не вызывают поведенческий ответ, но также и не включаются в содержание сновидения [8, 84–86] (хотя некоторые стимулы, например аэрозолем или водой, давление на конечности и значимые слова имеют немного больше возможностей включения в материал сновидения [84, 85]). Этот поразительный разрыв сохраняется, даже если испытуемому зафиксировать веки, воспрепятствовав их закрытию, и перед ним будут светящиеся объекты [8]. Конечно же, перед пробуждением такие стимулы, как звук будильника, могут вторгнуться в наши сновидения, но если сон сохраняется, эти отношения удивительно слабы и сознательный опыт сновидения поразительным образом изолируется от окружающей среды.

Изоляция сновидца является интересным парадоксом, особенно если учесть, что сновидения содержат яркий чувственный опыт и могут протекать в состоянии высокой корковой активации. В голову сразу приходят несколько возможностей. Например, считалось, что во время сна может закрываться таламический «клапан» и сенсорный приток может не достигать коры [87]. Однако вызванные потенциалы в первичной сенсорной коре во время БДГ-сна в основном сохраняются [88, 89]. Обонятельные стимулы также напрямую не включаются в сновидения [90], хотя они и не следуют через таламус (но их эмоциональная валентность может изменить сновидение). Сходным образом упоминалось и о корковом «клапане», ведущему к снижению интеркортикальному распространению сигналов [91]. Весьма вероятно, что именно так и обстоит дело с изоляцией первичной зрительной коры (зона V1) от ассоциативной зрительной коры во время парадоксального сна [18]. Было бы интересно определить, преодолевает ли изоляцию от внешней среды прямая активация участков коры. Например, может ли ТМС-зоны V1 и V5 обходить таламический или корковый «клапан» и вызывать сенсации в зрительных фوسفенах или движения в сознательном опыте сновидения?

Интересна возможность предполагаемого антагонизма внешне ориентированных и внутренних кортикальных сетей, сети пассивного режима работы [92, 93]. Возможно, в сновидениях доминирует некая активность,