

Верхневолжский медицинский журнал. 2024; 23(2): 40–44.
 Upper Volga Medical Journal. 2024; 23(2): 40–44.
 УДК 612.821.7:577.1

СОН И СНОВИДЕНИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ БИОХИМИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Вероника Валентиновна Жигулина

*Кафедра биохимии с курсом клинической лабораторной диагностики
 ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России, г. Тверь, Россия*

Аннотация. Обзор литературы, представленный в статье, рассматривает биохимические процессы, связанные с изменением уровня нейромедиаторов и гормонов во время сна и сновидений, роль мелатонина в регулировании цикла сна и бодрствования.

Ключевые слова: сон, сновидения, биохимические процессы, нейромедиаторы, гормоны, мелатонин

Для цитирования: Жигулина В. В. Сон и сновидения с точки зрения биохимии (обзор литературы). Верхневолжский медицинский журнал. 2024; 23(2): 40–44.

SLEEP AND DREAMS FROM THE POINT OF VIEW OF BIOCHEMISTRY (LITERATURE REVIEW)

V. V. Zhigulina

Tver State Medical University, Tver, Russia

Abstract. The literature review presented in the article examines the biochemical processes associated with changes in the levels of neurotransmitters and hormones during sleep and dreams, and the role of melatonin in regulating the sleep-wake cycle.

Keywords: sleep, dreams, biochemical processes, neurotransmitters, hormones, melatonin

For citation: Zhigulina V. V. Sleep and dreams from the point of view of biochemistry (literary review). Upper Volga Medical Journal. 2024; 23(2): 40–44.

Введение

Сновидения — это последовательность случайных нейронных импульсов, возникающих в мозге и затем объединяющихся сознанием с формированием цельной картины. Эзотерическая гипотеза [1] утверждает, что сны представляют собой своеобразное сообщение от высших сил, способствуют развитию интуиции и передаче сообщений от Вселенной. Однако большинство экспертов [2–4] считает, что сны имеют определенную цель, и эта цель тесно связана с эмоциональными состояниями. Несмотря на то, что многие люди регулярно видят сновидения, механизмы, лежащие в их основе, остаются загадкой.

Цель: рассмотреть и проанализировать биохимический подход к объяснению причин появления сновидений.

Материал и методы: проведен критический анализ современной научной медицинской литературы.

Результаты и их обсуждение

Состояния бодрствования и фазы сна регулируются определенным балансом различных нейромедиаторов в межклеточной жидкости мозга, что определяет биохимическую среду мозга в целом [1–4]. В период бодрствования межклеточная жидкость насыщена медиаторами, которые активируют постсинаптическую мембрану, способствуя активности моз-

га. Во время медленной фазы сна эти медиаторы быстро уменьшаются в мозговой жидкости и заменяются основным ингибиторным медиатором мозга — гамма-аминомасляной кислотой (ГАМК), концентрация которой растет по мере перехода в медленный сон [5–7].

Человеческие сновидения в основном происходят во время быстрой фазы сна REM (Rapid Eye Movement, быстрого глазного движения) и характеризуются первичным осознанием в сочетании с восприятием и эмоциональными реакциями [8–10]. Возможно, они включают элементы вторичного сознания, такие как речь, понимание, абстрактное мышление и волевые решения. Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) также демонстрирует десинхронизацию во время REM-сна, что может указывать на когнитивные процессы, связанные с формированием сновидений. Эта активация направлена на нейроны в мосте, таламусе, базальных ядрах переднего мозга, лимбических структурах, двигательных центрах и других мозговых регионах. Десинхронизация в двигательной коре во время REM-сна может быть связана с моторными компонентами и движениями конечностей в сновидениях. Наблюдается также разделение активности между височными и затылочными областями мозга во время REM-сна, что может отражать обработку внутренней визуальной информации [11–14].

Установлено, что сновидения могут сохраняться у людей после повреждения первичной зрительной коры [15, 16].

Биохимическая среда в головном мозге в период быстрого сна обладает уникальными характеристиками. В это время наблюдается высокий уровень ацетилхолина и глутамата при полном отсутствии орексина (гипокретина) и мозговых аминов, таких как норадреналин, серотонин и гистамин. При этом уровень дофамина может даже превышать таковой при бодрствовании. Важным моментом является появление нового медиатора — пептида меланин-концентрирующего гормона, который играет роль в регуляции быстрого сна на гипоталамо-понтинном уровне. Несмотря на то, что общее выделение ГАМК снижается, ее концентрация остается высокой в определенных участках мозга, где присутствуют орексинергические, гистаминергические, серотонинергические и норадренергические нейроны. В этих системах нейроны, выделяющие ГАМК, играют роль «замка», который предотвращает деполяризацию указанных нейронов на протяжении всего периода быстрого сна [6]. Так, радикальные изменения в биохимической среде мозга, связанные с циклом бодрствование-сон, сопровождаются глобальными изменениями в работе множества нейронных систем, что подробно описано в ряде обзоров [15–17].

Ключевым веществом, влияющим на сон, является мелатонин. Этот гормон выделяется шишковидной железой, и был открыт американским дерматологом А. Лернером в 1958 году. В ходе исследований, связанных с природой витилиго, Лернер обратил внимание на итоги эксперимента с бычьим эпифизом: головастики, помещенные в банку с измельченным эпифизом, теряли цвет в течение 30 минут. Данное вещество было выделено из бычьего эпифиза и получило название мелатонин. Мелатонин регулирует цикл сна и бодрствования, а его концентрация повышается в ночное время. Активность мелатонина по отношению к рецепторам MT1, MT2 и MT3 обладает седативным эффектом, ибо эти рецепторы, в основном MT1 и MT2, играют важную роль в регуляции циркадных ритмов и сна. Мелатонин также связан со сновидениями: высокие уровни данного гормона в крови могут способствовать ярким и частым сновидениям [18, 19].

Во время сна происходят разнообразные биохимические процессы, которые могут оказывать влияние на характер сновидений. Например, уровень нейромедиатора серотонина может оказывать воздействие на настроение и эмоции человека во время сна. Серотонин, также известный, как 5-гидрокситриптамин, является биогенным амином и играет роль медиатора в нервной системе [13, 17, 20].

Важные функции серотонина в центральной нервной системе включают его воздействие на передний мозг, ствол мозга и мозжечок [13, 20]. Рецепторы, расположенные в ростральных ядрах данной системы, играют ключевую роль в регуляции различных аспектов организма — температуры тела, аппетита, циклов сна и бодрствования. Они также могут воздействовать на рвотные центры и влиять на сексуальное поведение. Кроме того, они участвуют в восприятии боли и контролируют состояние мышечной системы. Например,

лиганды, связывающиеся с 5-НТ1А-рецепторами, способствуют активности в период бодрствования, в то время как связывание с 5-НТ2А-рецепторами может привести к ингибированию этого процесса. Существуют предположения о влиянии серотонина на циркадные ритмы. Найдено подтверждение влияния 5-НТ2А-рецепторов на процесс восстановления сна [21–23], и, следовательно, рекомендуется использовать препараты, содержащие соединения триптофана, при нарушениях биологических ритмов.

Кроме того, исследователи считают [13, 24, 25], что серотонин является предшественником мелатонина. Фермент, называемый серотонин-N-ацетилтрансферазой или арилалкиламин-N-ацетилтрансферазой, конвертирует серотонин в N-ацетилсеротонин, а затем этот продукт преобразуется в мелатонин под воздействием фермента 5-гидроксииндол-O-метилтрансферазы, который использует S-аденозилметионин для метилирования.

Шишковидная железа обладает уникальной биохимической особенностью, так как цикличность смены дня и ночи оказывает заметное воздействие на синтез и выделение мелатонина. В течение дня синтез и выделение мелатонина снижаются, а активность симпатической нервной системы, иннервирующей шишковидную железу, ослабевает. Однако с наступлением ночи происходит активация этой нервной системы и повышенное выделение норадреналина. Это приводит к активации β-адренорецепторов шишковидной железы, что, в свою очередь, стимулирует образование циклического аденозинмонофосфата — внутриклеточного мессенджера. Активация α1-адренорецепторов вызывает еще более сильный эффект, так как это способствует активации арилалкиламин-N-ацетилтрансферазы — вторичного посредника, который стимулирует синтез мелатонина. В результате уровень синтеза мелатонина значительно повышается.

Имеются предположения о том, что определенные аминокислоты, такие как ГАМК и глицин, могут оказывать воздействие на сновидения, снижая активность мозга и способствуя расслаблению и снятию напряжения. Рецепторы глицина, аналогично рецепторам ГАМК, являются ионными каналами, которые участвуют в регулировании замедленных процессов в центральной нервной системе [26–28]. Важно отметить, что сочетание усиления глицинергической и ГАМК-ергической активности является значимой частью эффекта ингаляционных анестетиков, а также снотворных средств, таких как барбитураты. Этот ингибирующий эффект усиливается в присутствии этилового спирта, цинка, нейростероидов и летучих анестетиков [29, 30].

Британский нейропсихолог М. Солмс [31], изучая различные неврологические нарушения, отметил, что у большинства пациентов с поражениями ствола мозга и снижением быстрого сна сновидения все равно сохраняются, несмотря на объективное подавление быстрого сна. В то же время у пациентов с повреждением областей мозга, которые, казалось бы, не связаны с регуляцией REM-сна, таких как вентрикулярное белое вещество лобной доли, происходит полная потеря сновидений [26].

Согласно точке зрения М. Солмса [32, 33], быстрый сон и сновидения, хотя и происходят одновременно, не являются тождественными явлениями. Он полагает, что быстрый сон связан с активацией ромбэнцефалических и гипоталамических структур, использующих глутамат, ацетилхолин, ГАМК и меланин-концентрирующий гормон в качестве нейротрансмиттеров. В то время как формирование и переживание сновидений зависит от активации дофаминергических структур среднего и переднего мозга.

Однако стоит отметить, что именно в этой области проходит дофаминергический проекционный путь от VAT/SNpc к ядрам вентрального стриатума (N. Acc.), а затем к лобной коре (FC). Эта область также повреждается при фронтальной лейкотомии, после чего у пациентов исчезают галлюцинации, бред и сновидения. Доказательства также показывают важную роль дофаминергической системы головного мозга в возникновении и переживании сновидений. Например, известно, что избыточное производство дофамина в мозге, связанное с шизофренией, может привести к галлюцинациям и бреду, лечится с помощью антипсихотических средств, которые также подавляют сновидения. Напротив, у пациентов с болезнью Паркинсона, обусловленной недостаточной активностью дофамина с двигательными нарушениями прием агонистов дофамина может вызывать активные сновидения [34–36].

Большинство современных научных исследований также указывает, что регулярное использование растительных препаратов (масло мяты, экстракты валерианы, боярышника и Melissa) может улучшить качество сна и уменьшить частоту ночных пробуждений. Например, валериана известна своей способностью стимулировать высвобождение таких нейротрансмиттеров, как ГАМК, и ингибировать ферменты, ответственные за распад ГАМК в головном мозге. Отмечено, что гидроксипинорезинол, содержащийся в валериане, способен связываться с бензодиазепиновыми рецепторами. Валериана подавляет активность нервной системы [37–39].

Ряд исследователей [39–41] выдвинули гипотезу, что сновидения могут быть результатом «прилива и отлива нейропептидов». Они утверждают, что ацетилхолин способствует разрыву ассоциаций, существующих в снах человека. Во время быстрого сна амины не ограничивают действие ацетилхолина, что приводит к «галлюцинациям». Он воссоздает образы, в результате чего искажения реальности более запутанные, что формирует сновидения. Интересно, что у людей, имеющих психические расстройства и переживающих галлюцинации, наблюдается низкий уровень норадреналина и серотонина, но высокий уровень ацетилхолина. Амины способствуют созданию множества границ в человеческом сознании, что поддерживает адекватное и нормальное восприятие мира. Однако, если эти границы слишком жесткие, может сформироваться ограниченность и линейность в сфере сознания [42].

Заключение

Результаты исследований свидетельствуют, сновидения до сих пор выступают как загадка науки. Тем не менее ученые имеют представление о биохимических процессах, происходящих во время сна и их возможном влиянии на содержание сновидений. В частности, мелатонин, аминокислоты и другие биохимические факторы могут играть определенную роль в регулировании сновидений. Однако для полного понимания причин возникновения сновидений требуются дополнительные научные исследования.

Список источников

1. Сомнология и медицина сна. Национальное руководство памяти А.М. Вейна и Я.И. Левина / под ред. М.Г. Полуэктова. Москва: «Медфорум». 2016 : 11–55.
2. Ковальзон В.М. Мозг и сон: от нейронов к молекулам. Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2013; 63(1): 48–54.
3. Пахомова П.О. Влияние сна на организм человека. Интегративные тенденции в медицине и образовании. 2019; 2: 53–56.
4. Малозёмов О.Ю., Малозёмова И.И. Биоритмология (учебное пособие). Москва : Директ-Медиа. 2023 : 152.
5. Волобуев А.Н., Романчук П.И., Давыдкин И.Л. Некоторые аспекты функционирования мозга во сне в старших возрастных группах. Врач. 2021; 32(6): 13–16.
6. Волобуев А.Н., Романчук П.И. Генетика и эпигенетика сна и сновидений. Бюллетень науки и практики. 2020; 6(7): 176–217.
7. Волобуев А.Н., Романчук П.И., Булгакова С.В. Нейрогенетика мозга: сон и долголетие человека. Бюллетень науки и практики. 2021; 7(3): 93–135.
8. Ковальзон В.М. Центральные механизмы регуляции цикла бодрствование-сон. Физиология человека. 2011; 37(4): 124–134.
9. Luppi P.H., Clément O., Sapin E., Gervasoni D., Peyron C., Léger L., Salvert D., Fort P. The neuronal network responsible for paradoxical sleep and its dysfunctions causing narcolepsy and rapid eye movement (REM) Sleep Med Rev. 2011 Jun; 15(3): 153–63. doi: 10.1016/j.smrv.2010.08.002
10. Уразгельдиева Л.М. Феномен сновидений. Форум молодых ученых. 2017; 4 (8): 668–673.
11. Гибадуллина Ф.Б., Ахметова Э.Ф., Мусина З.Р., Чужекова В.В. Сон и его значение. Научные исследования молодых учёных: сборник статей XXIII Международной научно-практической конференции. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2023: 335–338.
12. Волегова Д.Д., Сапаров Б.М., Гареев Д.Р. Влияние сна на здоровье человека. Молодежь и наука. 2023; 9: 85–89.
13. Koval'zon V.M. Sovremennyj vzgljad na serotoninovuju teoriju depressii. Rossijskij nevrologicheskij zhurnal. 2020; 25 (3): 101–102.
14. Волобуев А.Н., Пятин В.Ф., Романчук П.И., Булгакова С.В., Романов Д.В. Анатомо-физиологические

- и биофизические принципы функционирования мозга в состоянии бодрствования и сна. Бюллетень науки и практики. 2020. 6 (10): 73–94. — doi: 10.33619/2414-2948/59/07
15. Романчук Н.П. Мозг homo sapiens XXI века: нейрофизиологические, нейроэкономические и нейросоциальные механизмы принятия решений. Бюллетень науки и практики. 2021; 7 (9): 228–270. — doi: 10.33619/2414-2948/70/23
16. Романчук Н.П. Мозг человека и природа: современные регуляторы когнитивного здоровья и долголетия. Бюллетень науки и практики. 2021; 7 (6): 146–190. — doi: 10.33619/2414-2948/67/21
17. Романчук Н.П. Биоэлементология и нутрициология мозга. Бюллетень науки и практики. 2021; 7 (9): 189–227. — doi: 10.33619/2414-2948/70/22
18. Захаров А.В., Хивинцева Е.В., Пятин В.Ф., Сергеева М.С., Антипов А.И. Мелатонин — известные и новые области клинического применения. Журнал неврологии и психиатрии. 2017; 4 (2): 74–78. — doi: 10.17116/jnevro20171174274-78
19. Мичурина С.В., Васендин Д.В., Ищенко И.Ю. Физиологические и биологические эффекты мелатонина: некоторые итоги и перспективы изучения. Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2018; 104 (3): 257–271.
20. Francescangeli J., Karamchandani K., Powell M., Bonavia A. The Serotonin Syndrome: From Molecular Mechanisms to Clinical Practice. *Int J Mol Sci.* 2019; 20 (9): 2288–2297. — doi: 10.3390/ijms20092288
21. Boiko D.I., Shkodina A.D., Hasan M.M., Bardhan M., Kazmi S.K., Chopra H., Bhutra P., Baig A.A., Skrypnikov A.M. Melatonergic Receptors (Mt1/Mt2) as a Potential Additional Target of Novel Drugs for Depression. *Neurochem Res.* 2022; 47 (10): 2909–2924. — doi: 10.1007/s11064-022-03646-5
22. Lai S., Shi L., Jiang Z., Lin Z. Glycyrrhizin treatment ameliorates post-traumatic stress disorder-like behaviours and restores circadian oscillation of intracranial serotonin. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2020; 47 (1): 95–101. — doi: 10.1111/1440-1681.13173
23. Witt C.E., Mena S., Honan L.E., Batey L., Salem V., Ou Y., Hashemi P. Low-Frequency Oscillations of In Vivo Ambient Extracellular Brain Serotonin. *Cells.* 2022; 11 (10): 1719–1730. — doi: 10.3390/cells11101719
24. Алфимова К.А. Регуляция циркадианных ритмов шишковидным телом. Поколение будущего: сборник избранных статей Международной студенческой научной конференции. Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие». 2021. 20–24.
25. Самойлов А.С., Рылова Н.В., Жолинский А.В., Большаков И.В., Казаков В.Ф. Применение мелатонина для профилактики и лечения нарушения циркадных ритмов. *Практическая медицина.* 2021; 19 (2): 34–38. — doi: 10.32000/2072-1757-2021-2-34-38
26. Фомин Д.А. Влияние психогенных факторов на возникновение невротических заболеваний, связанных с расстройствами нервной системы и психики. *Философские размышления: сборник творческих работ студентов ОГУ имени И.С. Тургенева.* Орел. 2022: 114–122.
27. Булгакова С.В., Романчук Н.П. Сон и старение: эндокринные и эпигенетические аспекты // Бюллетень науки и практики. 2020; 6 (8): 65–96. — doi: 10.33619/2414-2948/57/08
28. Dergacheva O., Fleury-Curado T., Polotsky V.Y., Kay M., Jain V., Mendelowitz D. GABA and glycine neurons from the ventral medullary region inhibit hypoglossal motoneurons. *Sleep.* 2020; 43 (6): 301–312/ — doi: 10.1093/sleep/zsz301
29. Kang Y., Saito M., Toyoda H. Molecular and Regulatory Mechanisms of Desensitization and Resensitization of GABAA Receptors with a Special Reference to Propofol/Barbiturate. *Int J Mol Sci.* 2020; 21 (2): 563–571. — doi: 10.3390/ijms21020563
30. Stern A.W., Muralidhar M., Cole C. Evaluation of a human urine barbiturate test to screen for pentobarbital euthanasia of dogs and cats. *J Vet Diagn Invest.* 2022; 34 (2): 226–230. — doi: 10.1177/10406387211070539
31. Steve Paulson, Siri Hustvedt, Mark Solms, Shamdasani S. The deeper self: an expanded view of consciousness. *Ann N Y Acad Sci.* 2017; 1406 (1): 46–63. — doi: 10.1111/nyas.13403
32. Солмс М. Сознательное Ид. *Журнал Практической Психологии и Психоанализа.* 2020; 2: 34–45.
33. Солмс М. Нейробиологические основания психоаналитической теории и терапии. *Журнал Практической Психологии и Психоанализа.* 2020; 2: С. 18–27.
34. Howes O.D., Shatalina E. Integrating the Neurodevelopmental and Dopamine Hypotheses of Schizophrenia and the Role of Cortical Excitation-Inhibition Balance. *Biol Psychiatry.* 2022; 92 (6): 501–513. — doi: 10.1016/j.biopsych.2022.06.017
35. Buck S.A., Quincy Erickson-Oberg M., Logan R.W., Freyberg Z. Relevance of interactions between dopamine and glutamate neurotransmission in schizophrenia. *Mol Psychiatry.* 2022; 27 (9): 3583–3591. — doi: 10.1038/s41380-022-01649-w
36. Xu H., Yang F. The interplay of dopamine metabolism abnormalities and mitochondrial defects in the pathogenesis of schizophrenia. *Transl Psychiatry.* 2022; 12 (1): 464–476. — doi: 10.1038/s41398-022-02233-0
37. Тадтаева З.Г., Галустян А.Н., Русановский В.В., Сардарян И.С., Кривдина М.Ю., Курицына Н.А. Фармакотерапия инсомнии в детском возрасте. *Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология.* 2022; 15 (2): 284–293.
38. Jurowski K., Foita M., Tatar B., Berkoz M., Krosniak M. The Toxicological Risk Assessment of Lead and Cadmium in *Valeriana officinalis* L., radix (Valerian root) as Herbal Medicinal Product for the Relief of Mild Nervous Tension and Sleep Disorders Available in Polish Pharmacies. *Biol Trace Elem Res.* 2022; 200 (2): 904–909. — doi: 10.1007/s12011-021-02691-5
39. Soltani A., Bahrami F., Bahari Z., Shankayi Z., Graily-Afra M., Sahraei H. The effects of Valerian on sleep spindles in a model of neuropathic pain. *Sleep*

- Sci. 2021; 14 (2): 133–139. — doi: 10.5935/1984-0063.20200110
40. Gott J.A., Stucker S., Kanske P., Haaker J., Dresler M. Acetylcholine and metacognition during sleep. *Conscious Cogn.* 2024; 117:103608. — doi: 10.1016/j.concog.2023.103608
41. Chen J., Cho K.E., Skwarzynska D., Clancy S., Conley N.J., Clinton S.M., Li X., Lin L., Zhu J.J. The Property-Based Practical Applications and Solutions of Genetically Encoded Acetylcholine and Monoamine Sensors. *J Neurosci.* 2021; 41 (11): 2318–2328. — doi: 10.1523/JNEUROSCI.1062-19.2020
42. Dai X., Zhou E., Yang W., Mao R., Zhang W., Rao Y. Molecular resolution of a behavioral paradox: sleep and arousal are regulated by distinct acetylcholine receptors in different neuronal types in *Drosophila*. *Sleep.* 2021; 44 (7): 125–138. — doi: 10.1093/sleep/zsab017

Жигулина Вероника Валентиновна (контактное лицо) — к.б.н., доцент кафедры биохимии с курсом клинической лабораторной диагностики ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России; 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4; Тел. 8-905-601-11-72; jerlan-1991-2006@list.ru

Поступила в редакцию / The article received 30.01.2024.