



POLAND



POLAND

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ФЕНОМЕНА СНА В РАМКАХ СОВРЕМЕННЫХ НАУЧНЫХ ТЕОРИЙ.

**Эргашева Д.Ш,
Халимбаева З.С.**

“Alfraganus University” университет, медицинский факультет, кафедра
медицины, 2 курс студенты бакалавриата.

Хайруллаева Мафтуна Ибодуллаевна

Научный консультант:

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17222393>

Аннотация. Сон – это биологически необходимый и универсальный физиологический процесс, играющий ключевую роль в поддержании гомеостаза, нейропластичности, энергетического баланса и когнитивных функций. В статье представлены и проанализированы основные теоретические подходы к пониманию сна: восстановительная, энергетическая, теория памяти и синаптического гомеостаза, эволюционная и глимфатическая. Каждая из них раскрывается с позиций современных нейрофизиологических и клинических данных. Таким образом, целью данной статьи является систематический анализ ключевых теорий сна на основе современных рецензируемых источников, а также сопоставление их с имеющимися экспериментальными и клиническими данными. Такой подход позволяет не только понять природу сна, но и выявить направления для дальнейших исследований и клинических приложений.

Ключевые слова: сон, нейрофизиология, глимфатическая система, когнитивные функции, теории, память.

Abstract. Sleep is biologically essential and universal physiological process that plays crucial role in maintaining homeostasis, neuroplasticity, energy balance and cognitive function. This article reviews and analyzes the major theoretical frameworks of sleep, including the restorative, energy-conservation, memory and synaptic homeostasis, evolutionary and glymphatic theories. Each is examined through the lens of current neurophysiological and clinical findings.

Keywords: sleep, neurophysiology, glymphatic system, cognitive functions, theories, memory.

Введение

Сон представляет собой универсальный и жизненно важный физиологический процесс, присутствующий у большинства животных обладающих центральной нервной системой. В среднем человек проводит во сне около одной трети своей жизни, что подчеркивает его



фундаментальную биологическую значимость. Несмотря на столетия исследований вопросы о функциях и механизмах сна остаются одними из самых сложных и обсуждаемых в нейронауке и физиологии. Это связано с тем, что сон представляет собой многоаспектное явление, сочетающее в себе нейрофизиологические, метаболические, когнитивные и эволюционные аспекты. Несмотря на значительный прогресс в исследовании сна, однозначного объяснения его функций пока не существует. Вместо этого учёные рассматривают различные, частично пересекающиеся теории, каждая из которых акцентирует внимание на определённой биологической или когнитивной роли сна. Научные данные убедительно свидетельствуют о том, что сон выполняет не одну, а сразу несколько функций — от поддержания нейрональной пластичности и консолидации памяти до гомеостатического восстановления и энергетического баланса. Каждая из этих функций легла в основу различных теоретических моделей сна, которые развивались по мере накопления эмпирических данных. Среди них: восстановительная теория, энергетическая, теория памяти, а также эволюционная и глимфатическая гипотеза. Ниже представлены основные современные теоретические подходы.

Эволюционная теория сна. Эволюционная теория (или теория адаптационного бездействия) рассматривает сон как механизм, повышающий выживаемость. Согласно этой концепции, сон развивался не только ради внутреннего восстановления, но и как способ снижения активности в потенциально опасные периоды суток. Животные, которые спят в безопасной среде и во внеохотничьи часы, имеют меньший риск быть съеденными и меньшие энергозатраты. Исследования показывают, что у разных видов продолжительность и структура сна сильно варьирует в зависимости от экологических факторов: у хищников (львы, кошки) сон длительный и глубокий, тогда как у жертв (олений, зайцев) — короткий и прерывистый [5]. Таким образом, сон может рассматриваться как продукт естественного отбора, снижающий риск смертности в периоды, когда активность не приносит преимущества.

Восстановительная теория. Восстановительная теория предполагает, что сон служит для «ремонта» организма после периода бодрствования. Период сна сопровождается интенсивной регенерацией тканей, модуляцией иммунных реакций, изменениями в гормональной системе и восстановлением нейронной активности. Наиболее



убедительное подтверждение теория находит в изменениях секреции гормона роста — пиковое его высвобождение наблюдается в фазе медленного сна, особенно в стадии N3 [10]. Это имеет решающее значение для восстановления мышц, костной ткани, а также метаболического баланса. Исследования показывают, что дефицит сна приводит к снижению чувствительности к инсулину, увеличению уровня провоспалительных цитокинов и нарушению синтеза белков [8]. Кроме того, в экспериментах на животных было зафиксировано, что длительное лишение сна сопровождается увеличением апоптоза нейронов и снижением активности антиоксидантных систем [3]. Таким образом, восстановительная теория сна имеет прочную физиологическую и биохимическую основу и подтверждается как наблюдениями на человеке, так и экспериментальными моделями.

Энергетическая теория. Энергетическая теория объясняет необходимость сна как средство экономии и перераспределения энергии. Во время сна метаболическая активность мозга и тела снижается, что позволяет организму эффективно распределять ресурсы и снижать энергетические издержки [1]. В NREM-сне наблюдается снижение температуры тела, потребления кислорода и активности симпатической нервной системы. Это позволяет экономить энергетические запасы, особенно в условиях ограниченного питания или стресса. Например, уровень глюкозы и метаболиты АТФ восстанавливаются преимущественно во время глубокого сна [2]. Интересен тот факт, что у животных, находящихся в состоянии гибернации, тоже активируется NREM-сон, что предполагает его фундаментальную роль в экономии ресурсов [7]. Эта теория особенно актуальна с эволюционной точки зрения, поскольку организмы эффективно восстанавливающие энергию во сне имеют селективные преимущества в условиях ограниченных ресурсов.

Теория памяти и синаптической пластичности. Одна из наиболее экспериментально подтверждённых теорий гласит, что сон критически важен для консолидации памяти, обучения и перестройки нейрональных связей. По данным многочисленных исследований, во время сна активируются те же нейронные сети, которые были задействованы в обучении в течение дня — процесс известный как «реплей» (replay) [6]. Walker и Stickgold (2006) продемонстрировали, что REM-сон связан с улучшением эмоциональной и процедурной памяти, тогда как глубокий



NREM-сон способствует консолидации декларативной (фактологической) памяти [12]. Также была выдвинута теория «синаптического гомеостаза» (Tononi & Cirelli, 2003), согласно которой во сне происходит снижение избыточной синаптической активности, накопленной за день, что предотвращает перегрузку нейросетей [9]. Таким образом, сон не только сохраняет, но и оптимизирует память, снижая синаптический «шум» и усиливая значимые связи.

Глимфатическая теория. Одна из самых современных и подтверждённых теорий — глимфатическая. Она предполагает, что сон необходим для очищения межнейронального пространства от токсических метаболитов, в том числе β -амилоида и тау-белков, играющих ключевую роль в развитии болезни Альцгеймера [13]. Исследование Xie et al. (2013) показало, что во время сна (особенно медленного) объем межклеточного пространства мозга увеличивается до 60 %, что облегчает циркуляцию цереброспинальной жидкости и удаление продуктов обмена [10]. Анализ у людей методом интраоперационного МРТ подтвердил активность глимфатической очистки у человека, аналогичной наблюдаемой у животных [13]. Также было установлено, что снижение норадренергической активности активизирует движение цереброспинальной жидкости, и использование снотворного золпидема нарушает этот процесс у мышей, уменьшая поток примерно на 30% [13]. Норадреналин регулирует тонус сосудов и может напрямую управлять скоростью глимфатического потока, как показали более поздние работы Nauglund et al. (2025) [4]. Нарушения глимфатической функции при хроническом недосыпании или апноэ сна ассоциированы с повышенным риском деменции и снижением когнитивной гибкости [11].

Заключение

Современная наука достигла значительного прогресса в понимании биологических, когнитивных и клинических аспектов сна. Сон, долгое время оставшийся предметом философских размышлений и эмпирических наблюдений, в последние десятилетия стал объектом масштабного мультидисциплинарного исследования. Многочисленные экспериментальные и клинические данные убедительно доказывают, что сон выполняет фундаментальные функции в поддержании нейрональной гомеостази, когнитивной пластичности и метаболического баланса. Таким образом, сон не может рассматриваться исключительно как пассивное состояние отдыха. Это активный, биологически



целенаправленный процесс, тесно связанный с практически всеми основными системами организма: от иммунной и эндокринной до когнитивной и лимфатической. Нарушения сна требуют не менее серьёзного внимания, чем другие соматические или психические расстройства. В будущем необходимы более масштабные и лонгитюдные исследования, направленные на уточнение молекулярных механизмов сна, его взаимодействие с микробиотой, эпигенетическими факторами, а также разработку неинвазивных методов мониторинга и терапевтических вмешательств. Учитывая критическую роль сна в здоровье человека, его изучение должно оставаться одним из приоритетов современной биомедицинской науки..

Список литературы:

1. Berger RJ, Phillips NH. Energy conservation and sleep. *Behav Brain Res.* 1995;69(1-2):65-73.
2. Dworak M, McCarley RW, Kim T, Basheer R. Sleep and brain energy levels: ATP changes during sleep. *J Neurosci.* 2010;30(26):9007-16.
3. Everson CA, Henchen CJ, Szabo A, Hogg N. Cell injury and repair resulting from sleep loss and sleep recovery in laboratory rats. *Sleep.* 2014;37(12):1929-40.
4. Hauglund NLN, Kress BT, Munk AS, Kelley DH, Zhou X, Xu Q, et al. Norepinephrine-mediated slow vasomotion drives glymphatic clearance during sleep. *Cell.* 2025;188(2):e1-e14.
5. Lesku JA, Roth TC, Amlaner CJ, Lima SL. A phylogenetic analysis of sleep architecture in mammals: the integration of anatomy, physiology, and ecology. *Am Nat.* 2006;168(4):441-53.
6. Rasch B, Born J. About sleep's role in memory. *Physiol Rev.* 2013;93(2):681-766.
7. Rattenborg NC, Martinez-Gonzalez D, Lesku JA. Sleep function: an evolutionary perspective. *PLoS Biol.* 2022;20(9):225.
8. Spiegel K, Leproult R, Van Cauter E. Impact of sleep debt on metabolic and endocrine function. *Lancet.* 1999;354(9188):1435-9.
9. Tononi G, Cirelli C. Sleep function and synaptic homeostasis. *Sleep Med Rev.* 2006;10(1):49-62.
10. Van Cauter E, Leproult R, Plat L. Growth hormone release in relation to sleep and circadian rhythm. *J Clin Endocrinol Metab.* 1996;81(8):3118-20.
11. Voumvourakis KI, Manousakis E, Dimakopoulos V, Tsolaki M. The dynamic relationship between the glymphatic system, aging, memory, and sleep. *Biomedicine.* 2023;11(8):2092.



POLAND

CURRENT APPROACHES AND NEW RESEARCH IN MODERN SCIENCES

International scientific-online conference



POLAND

12. Walker MP, Stickgold R. Sleep, memory, and plasticity. *Annu Rev Psychol.* 2006;57:139–66.
13. Xie L, Kang H, Xu Q, Chen MJ, Liao Y, Thiyagarajan M, et al. Sleep drives metabolite clearance from the adult brain. *Science.* 2013;342(6156):373–7.