

8. Петренко, В. М. Форма и топография желудка у белой крысы / В. М. Петренко // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 4. – С. 227-229. – EDN PBAWBP.

9. Савельева, А. Ю. Практикум по анатомии декоративных и экзотических животных / А. Ю. Савельева. – Красноярск, 2025. – 288 с.

10. Ускоренные способы количественного сравнения морфологических признаков и систем : учебное пособие / С. Б. Стефанов, Н. С. Кухаренко ; Благовещенский сельскохозяйственный институт. – Благовещенск : БСХИ, 1989. – 64 с.

References.

1. Nozdrachev, A. D. *Anatomiya krysy : rukovodstvo dlya studentov vuzov, obuchayushihya po biologicheskim i medicinskim specialnostyam* / A. D. Nozdrachev, E. L. Polyakov. – Sankt-Peterburg : Lan, 2001. – 463 s.

2. Makkraken, T. O. *Atlas anatomii melkih domashnih zhivotnyh* / T. O. Makkraken, R. A. Kajnep. – Moskva : Akvarium-Print, 2015. – 144 s.

3. Vskrytie i patologoanatomicheskaya diagnostika boleznej selskohozyajstvennyh zhivotnyh / A. V. Zhapov, I. V. Ivanov, A. A. Kunakov, N. A. Naletov. – Moskva : Kolos, 1982. – 270 s.

4. GOST 31794-2012 Ikra zemistaya lososevyh ryb. Tehnicheskie usloviya.

5. Zharov, A. V. *Sudebnaya veterinarnaya medicina: uchebnik* / A. V. Zharov. – 3-e izd., ispr. i dop. – Sankt-Peterburg : Lan, 2014. – 464 s.

6. Kovalevskij, K. L. *Laboratornoe zhivotnovodstvo* / K. L. Kovalevskij ; pod redakciej A. I. Metelkina. – 2-e izd., pererab. i dop. – Moskva : Medgiz, 1958. – 324 s.

7. Kokurichev, P. I. *Atlas patologicheskoy anatomii selskohozyajstvennyh zhivotnyh* / P. I. Kokurichev. – Leningrad : Kolos. [Leningr. otd-nie], 1973. – 192 s.

8. Petrenko, V. M. Форма и топография желудка у белой крысы / В. М. Петренко // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 4. – С. 227-229. – EDN PBAWBP.

9. Saveleva, A. Yu. *Praktikum po anatomii dekorativnyh i ekzoticheskikh zhivotnyh* / A. Yu. Saveleva. – Krasnoyarsk, 2025. – 288 s.

10. Uskorennye sposoby kolichestvennogo sravneniya morfologicheskikh priznakov i sistem : uchebnoe posobie / S. B. Stefanov, N. S. Kuharenko ; Blagoveshenskij selskohozyajstvennyj institut. – Blagoveshensk : BSHI, 1989. – 64 s.

Поступила в редакцию 24.07.2025.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-4-77-81

УДК 57.084:612.6

ВЛИЯНИЕ ТЕМНОВОЙ ДЕПРИВАЦИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ФЕТОТОКСИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Пашинская Е.С. ORCID ID 0000-0002-5473-4240, Соболевская И.С. ORCID ID 0000-0001-8300-7547,

Хныков А.М. ORCID ID 0009-0006-5832-2602, Гулина А.К. ORCID ID 0009-0001-7397-7993,

Побяргин В.В. ORCID ID 0000-0002-3508-9995, Матвеев Д.С. ORCID ID 0009-0006-7977-8641

УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»,
г. Витебск, Республика Беларусь

Темновая депривация – процесс, при котором происходит полное или частичное исключение темновой фазы дня у индивида. В современном мире это нередкое явление, поскольку люди окружают себя источниками света в виде осветительных приборов, мониторов, гаджетов. Также существуют определенные виды работ, предполагающие практически постоянное нахождение среди искусственных источников освещения: офисная, вахтовая работа. В таких видах работ могут участвовать в том числе и беременные женщины.

При таком воздействии происходит нарушение циркадных ритмов – внутренних часов организма, отвечающих за контроль синтетических, регуляторных процессов внутри индивида, относительно продолжительности дня. На данный момент нет исследований, которые содержали бы результаты анализа влияния темновой хронодеструкции на развитие беременности. Отсутствуют данные по характеристике эмбриотоксического эффекта темновой депривации на постнатальное развитие потомства.

Впервые доказано, что темновая депривация приводит к достоверному снижению массы как самок во время беременности, так и рожденного ими потомства группы «эксперимент» по сравнению с контрольными показателями в 1,33-1,6 раза.

Воздействие темновой депривации приводит к достоверному изменению численности молодняка в группе «эксперимент» в сторону снижения, по сравнению с контрольными, и замедляет их физиологическое «созревание», что характеризуется более поздним появлением морфологических признаков у потомства группы «эксперимент». **Ключевые слова:** темновая депривация, эмбриотоксический эффект, постнатальное развитие, самки крыс линии Wistar.

EFFECT OF DARK DEPRIVATION ON CHANGES OF FETOTOXIC INDICATORS IN THE EXPERIMENT

Pashinskaya E.S., Sobolevskaya I.S., Khnykav A.M., Hulina A.K., Pobyarzhin V.V., Matveev D.S.

El "Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University",
Vitebsk, Republic of Belarus

Dark deprivation is a process in which there is a complete or partial exclusion of the dark phase of the day in an individual. In the modern world, this is not an uncommon phenomenon, as people surround themselves with light sources in the form of lighting devices, monitors, and gadgets. There are also certain types of work that involve almost constant presence among artificial light sources: office, shift work. Pregnant women can also be involved in these kinds of work.

With such exposure there is a violation of circadian rhythms – the internal watch of the body, responsible for the control of synthetic, regulatory processes within the individual, regarding the length of the day. At the moment, there are no studies that contain the results of research on the effect of dark chronodestruction on the development of pregnancy. There are no data on characterization of embryotoxic effect of dark deprivation on postnatal development of posterity.

It has been proven for the first time that dark deprivation leads to a significant decrease in the weight of females during pregnancy as well as in the offspring born to them in the experimental group compared to the control indicators by 1.33-1.6 times.

*The effect of dark deprivation leads to a significant change in the number of offspring in the experimental group towards a decrease compared to the controls and retards their physiological "maturation", which is characterized by a later appearance of morphological traits in the offspring of the experimental group. **Keywords:** dark deprivation, embryotoxic effect, postnatal development, female Wistar rats.*

Введение. В настоящее время доказано, что внешние факторы, такие как свет и тьма, могут оказывать непосредственное влияние на циркадные ритмы. При этом любое изменение синхронизированной работы организма приводит к срыву регуляторных систем, который заключается в развитии метаболических нарушений и тканевых повреждений [1, 2]. Темновая депривация – процесс, при котором происходит полное или частичное исключение темновой фазы дня у индивида. В современном мире это нередкое явление, поскольку люди окружают себя источниками света в виде осветительных приборов, мониторов, гаджетов. Также существуют определенные виды работ, предполагающие собой практически постоянное нахождение среди искусственных источников освещения: офисная, вахтовая работа. В таких видах работ могут участвовать в том числе и беременные. Беременность – это сложный биологический процесс. Во время беременности в организме происходят важные физиологические перестройки, сопровождающиеся значимыми изменениями во всех органах и системах организма: прекращение менструации, изменение гормонального фона, изменение обмена веществ, гематологических и гемодинамических показателей, липидного обмена и т.д. [3-5]. В настоящее время выдвигается предположение, что развивающаяся циркадная система плода зависит от работы циркадной системы матери. Во время беременности многие физиологические процессы в организме матери меняются в соответствии с потребностями развивающегося эмбриона. Работа материнских циркадных часов способствует постнатальной интеграции разрозненных периферических циркадных часов плода в циркадную систему, подобную взрослой. При этом длительные нарушения циркадных ритмов во время беременности могут оказать существенное и долгосрочное воздействие на материнское репродуктивное здоровье, а также развитие их потомства [5-6].

На данный момент нет исследований, которые содержали бы результаты исследований влияния темновой хронодеструкции на развитие беременности. Отсутствуют данные по характеристике фетотоксического эффекта темновой депривации в постнатальном развитии потомства. Вместе с тем исследования в этой области имеют практическое значение для профилактической помощи в обеспечении успешной беременности и оптимального развития плода, что необходимо для снижения риска развития постнатальных заболеваний у человека.

Цель – изучить влияние темновой депривации на изменение фетотоксических показателей в эксперименте.

Материалы и методы исследований. В соответствии с протоколом-дизайном исследования, эксперимент проводили на 20 самках крыс линии Wistar массой тела 180-200 г, которых для получения беременности случали с самцами в соотношении 2 самки — 1 самец в течение 3 суток. Десять самок служили контролем и содержались в стандартных условиях вивария на протяжении всей беременности. Экспериментальных животных в количестве 10 голов содержали в условиях отсутствия темноты (темновая хронодеструкция) на протяжении всего опыта. Самки всех групп подвергались ежедневному осмотру в течение беременности и после родов. Учитывался критерий изменения веса крыс на 7-е, 14-е, 21-е сутки развития беременности.

У потомства, появившегося от самок групп «контроль» и «опыт», также проводили оценку веса и численности (размер помета, число живых и мертвых новорожденных) на 4-е, 7-е, 14-е, 21-е

сутки после рождения. Также регистрировали следующие параметры: отлипание ушной раковины; появление первичного волосяного покрова; прорезывание резцов; открытие глаз; опускание семенников; открытие влагалища. Все манипуляции проводили в соответствии с рекомендациями по влиянию фармакологических препаратов на репродуктивную функцию животных [7]. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistica 10.0 (STA99K347156-W). Рассчитывали среднюю (М), медиану (Ме), размах (Min–Max), межквартильный интервал (15-й и 85-й процентиля), а также 95% доверительный интервал (ДИ) для медианы и средней. Результаты в тексте отображали в виде средней и ДИ. Оценку вида распределения изучаемых признаков проводили с помощью критериев Шапиро-Уилка, Колмагорова-Смирнова и Лиллиефорса. При сравнении количественных и качественных признаков в двух группах использовали критерий U Вилконсона-Манна-Уитни. Различия считали достоверными при уровне значимости менее 0,05 ($p < 0,05$). Все манипуляции с животными проводились в соответствии с рекомендациями Конвенции Совета Европы по охране позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других научных целях (European Convention for the Protection of Vertebrate Animals for Experimental and Other Scientific Purposes: Strasbourg, Council of Europe, 51 pp; 18.03.1986), Директивой Совета ЕЭС от 24.11.1986 (Council Directive on the Approximation of Laws, Regulations and Administrative Provisions of the Member States Regarding the Protection of Animal Used for Experimental and Other Scientific Purposes), рекомендациями FELASA Working Group Report (1994-1996), ТКП 125-2008 и нормативной документацией «Положение о порядке использования лабораторных животных в научно-исследовательских работах и педагогическом процессе «ВГМУ» и мерами по реализации требований биомедицинской этики», 2010.

Результаты исследований. По результатам проведенного исследования выявлено, что масса самок экспериментальных групп относительно показателей самок контрольных групп достоверно отличалась в сторону снижения: на 7-е сутки – в 1,43 раза ($p = 0,0002$), на 14-е сутки – в 1,35 раза ($p = 0,0003$), на 21-е сутки – в 1,46 раза ($p = 0,0004$) (таблица 1).

Наблюдалось достоверное снижение средней массы (г) потомства, родившегося от самок группы «эксперимент», по сравнению с контролем: на 4-е сутки – в 1,33 раза ($p = 0,0000$), на 7-е – в 1,6 раза ($p = 0,0000$), на 14-е – в 1,29 раза ($p = 0,0000$), а на 21-е сутки – в 1,45 раза ($p = 0,0000$) (таблица 2).

Таблица 1 – Динамика массы самок

Время эксперимента (сутки)	Группы животных			
	Контроль	95% ДИ	Опыт	95% ДИ
7-е	291,6	275,0-308,1	204,4*	195,0-213,7
14-е	290,0	271,6-308,4	214,5 *	207,9-221,1
21-е	321,1	295,6-346,6	220,4 *	210,2-230,7

Примечание. * – достоверное отличие от данных «контроль» (при $p < 0,05$).

Таблица 2 – Динамика массы крысят

Время эксперимента (сутки)	Группы животных			
	Контроль	95% ДИ	Опыт	95% ДИ
4-е	8,0	7,6-8,4	6,0*	5,6-6,3
7-е	21,9	20,1-23,7	13,7*	12,9-14,5
14-е	32,4	30,1-34,8	25,2*	24,1-26,2
21-е	56,5	53,1-59,9	38,9*	37,6-40,1

Примечание. * – достоверное отличие от данных «контроль» (при $p < 0,05$).

За время эксперимента было зафиксировано достоверное изменение численности молодняка в группе «эксперимент» в сторону снижения по сравнению с контрольными (таблица 3). На 4-е сутки наблюдения численность крысят экспериментальной группы была ниже в 1,3 раза ($p > 0,05$), на 7-е сутки – в 1,5 раза ($p < 0,05$), на 14-е – в 2 раза ($p < 0,05$), на 21-е сутки – в 1,9 раза ($p < 0,05$).

Таблица 3 – Изменение численности потомства

Время эксперимента	Группы животных			
	Контроль	95% ДИ	Опыт	95% ДИ
4-е сутки	11,40	0,54-2,57	8,75*	1,42-9,32
7-е сутки	11,20	0,5-2,40	7,50*	0,98-6,46
14-е сутки	11,20	0,5-2,40	5,75*	1,75-11,54
21-е сутки	11,00	0,42-2,03	5,75*	1,75-11,54

Примечание. * – достоверное отличие от данных «контроль» (при $p < 0,05$).

Также было проведено сравнение следующих признаков (с момента рождения): отлипание ушных раковин, появление первичного волосяного покрова, прорезывание резцов, открытие глаз, опускание семенников, открытие влагалища (таблица 4).

Таблица 4 – Появление признака у крысят (сутки)

Признак	Группы животных			
	Контрольная	95% ДИ	Экспериментальная	95% ДИ
Отлипание ушных раковин	2,81	0,46-0,67	7,17*	0,43-0,73
Появление первичного волосяного покрова	5,67	0,6-0,88	9,59*	0,62-1,05
Прорезывание резцов	8,35	0,41-0,59	13,17*	1,02-1,74
Открытие глаз	14,44	0,58-0,84	15,62*	0,54-0,92
Опускание семенников	25,89	0,65-0,95	33,21*	0,98-1,67
Открытие влагалища	31,79	0,81-1,18	34,69*	0,57-0,96

Примечание. * – достоверное отличие от данных «контроль» (при $p < 0,05$).

При сравнении скорости проявления данных признаков контрольной и экспериментальной групп были выявлены следующие различия в сторону формирования физиологических признаков на более поздних сроках у потомства группы «эксперимент» по сравнению с крысятами группы «контроль» (таблица 4): отлипание ушной раковины – в 2,55 раза ($p=0,000$), появление первичного волосяного покрова – в 1,7 раза ($p=0,000$), прорезывание резцов – в 1,6 раза ($p=0,000$), открытие глаз у крысят контрольной группы – в 1,1 раза ($p=0,000$), опускание семенников – в 1,33 раза ($p=0,000$), открытие влагалища – в 2,55 раза ($p=0,000$).

Заключение. Таким образом, выявлено достоверное снижение массы как самок во время беременности, так и рожденного ими потомства группы «эксперимент» по сравнению с контрольными показателями в 1,33-1,6 раза.

Воздействие темновой депривации приводит к достоверному изменению численности молодняка в группе «эксперимент» в сторону снижения по сравнению с контрольными и замедляет их физиологическое «созревание», что характеризуется более поздним появлением морфологических признаков у потомства группы «эксперимент». Подводя итог, можно сказать, что гестационная хронодеструкция влияет как на организм матери, так и постэмбриональное развитие ее потомства, приводя к долгосрочным изменениям, которые в последующем могут сохраняться и во взрослой жизни. Текущие результаты подчеркивают необходимость более тщательного изучения эффектов циркадных нарушений на эмбриональное и постэмбриональное развитие как в модельных системах, так и у людей.

Conclusion. Thus, a significant decrease in the weight of both females during pregnancy and the offspring born to them in the experimental group was observed, compared to control values, by 1.33-1.6 times. Dark deprivation significantly reduced the number of offspring in the experimental group compared to the control group and delayed their physiological maturation, characterized by a delayed appearance of morphological traits in the offspring of the experimental group. In summary, gestational chronodestruction affects both the mother's body and the postembryonic development of her offspring, leading to long-term changes that may persist into adulthood. These results highlight the need for a more thorough study of the effects of circadian disruptions on embryonic and postembryonic development, both in model systems and in humans.

Список литературы.

1. Circadian rhythms and the molecular clock in cardiovascular biology and disease / Sandra Crnko, Bastiaan C. Du Pré, Joost P G Sluiter, Linda W Van Laake // *Nat. Rev. Cardiol.* – 2019. – Vol. 16, № 7. – P. 437–447.
2. Zhang, Z. Circadian rhythm of lipid metabolism in health and disease / Z. Zhang, X. Haoran, Min-Dian Li // *Small Methods.* – 2019. – P. 1900601.
3. Maternal and Early-Life Circadian Disruption Have Long-Lasting Negative Consequences on Offspring Development and Adult Behavior in Mice / B. L. Smarr, A. D. Grant, L. Perez [et al.] // *Sci. Rep.* – 2017. – P. 3326.
4. Disruption of paternal circadian rhythm affects metabolic health in male offspring via nongerm cell factors / Maximilian Lassi, Archana Tomar, Gemma Comas-Armangué [et al.] // *Sci. Adv.* – 2021. – Vol. 7. – eabg6424.
5. Circadian rhythm and its association with birth and infant outcomes: research protocol of a prospective cohort study / Satvinder Kaur, Ai Ni Teoh, Nurul HusnaMohd Shukri [et al.] // *BMC Pregnancy Childbirth.* – 2020. – Vol. 20, № 1. – P. 96.
6. Chien-Ning Hsu. Light and Circadian Signaling Pathway in Pregnancy: Programming of Adult Health and Disease / Chien-Ning Hsu, You-Lin Tain // *Int. J. Mol. Sci.* – 2020. – Vol. 21, № 6. – P. 2232.
7. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. – Москва : Гриф и К, 2012. – Ч. 1. – 944 с.

References.

1. *Circadian rhythms and the molecular clock in cardiovascular biology and disease* / Sandra Crnko, Bastiaan C. Du Pré, Joost P G Sluiter, Linda W Van Laake // *Nat. Rev. Cardiol.* – 2019. – Vol. 16, № 7. – P. 437–447.
2. Zhang, Z. *Circadian rhythm of lipid metabolism in health and disease* / Z. Zhang, X. Haoran, Min-Dian Li // *Small Methods.* – 2019. – P. 1900601.
3. *Maternal and Early-Life Circadian Disruption Have Long-Lasting Negative Consequences on Offspring Development and Adult Behavior in Mice* / B. L. Smarr, A. D. Grant, L. Perez [et al.] // *Sci. Rep.* – 2017. – P. 3326.
4. *Disruption of paternal circadian rhythm affects metabolic health in male offspring via nongerm cell factors* / Maximilian Lassi, Archana Tomar, Gemma Comas-Armangué [et al.] // *Sci. Adv.* – 2021. – Vol. 7. – eabg6424.
5. *Circadian rhythm and its association with birth and infant outcomes: research protocol of a prospective cohort study* / Satvinder Kaur, Ai Ni Teoh, Nurul Husna Mohd Shukri [et al.] // *BMC Pregnancy Childbirth.* – 2020. – Vol. 20, № 1. – P. 96.
6. Chien-Ning Hsu. *Light and Circadian Signaling Pathway in Pregnancy: Programming of Adult Health and Disease* / Chien-Ning Hsu, You-Lin Tain // *Int. J. Mol. Sci.* – 2020. – Vol. 21, № 6. – P. 2232.
7. *Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovaniy lekarstvennykh sredstv.* – Moskva : Grif i K, 2012. – Ch. 1. – 944 s.

Поступила в редакцию 07.07.2025.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-4-81-85

УДК 632.15:616-091.8

ПОЛУКОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ МИКРОПЛАСТИКА РАЗЛИЧНОГО РАЗМЕРА В ПЕЧЕНИ КРЫС

*Хмель А.О. ORCID ID 0009-0008-3068-3961, *Кудояров Э.Р. ORCID ID 0000-0002-2092-1021,
*Валова Я.В. ORCID ID 0000-0001-6605-9994, *Хуснутдинова Н.Ю. ORCID ID 0000-0001-5596-8180,
*Рябова Ю.В. ORCID ID 0000-0003-2677-0479, *Каримов Д.Д. ORCID ID 0000-0002-1962-2323,
***Каримов Д.О. ORCID ID 0000-0003-0039-6757

*ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»,
г. Уфа, Российская Федерация

**ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко»,
г. Москва, Российская Федерация

В работе приведены данные исследования распределения микропластиковых частиц разного размера (500 и 1000 нм) в печени подопытных крыс. Для анализа использовался метод полуколичественной оценки с применением флуоресцентного окрашивания. С целью выявления распределения и интенсивности накопления микропластика в тканях животных проводились инъекции частиц с помощью внутрисердечного введения, после чего изучались гистологические образцы с применением микроскопии и сравнительного анализа уровня распределения частиц в печени. Полученные данные выявили четкую зависимость распределения микропластика от его размера: наибольшая концентрация наблюдалась для частиц 1000 нм, что подтверждалось выраженным усилением флуоресценции в этой группе. Установлено, что более крупные частицы (1000 нм) распределяются в печени в существенно больших количествах по сравнению с частицами 500 нм и контрольными образцами, что подчеркивает влияние размера частиц на их распределение в организме. **Ключевые слова:** эксперимент, крысы, микропластик, печень, полуколичественный анализ, распределение, размер.

SEMI-QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE DISTRIBUTION OF MICROPLASTIC PARTICLES OF DIFFERENT SIZE IN THE LIVER OF RAT

*Khmel A.O., *Kudoyarov E.R., *Valova Ya.V., *Khusnutdinova N.Yu.,
*Ryabova Yu.V., *Karimov D.D., ***Karimov D.O.

*Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology,
Ufa, Russian Federation

**N.A. Semashko National Research Institute of Public Health,
Moscow, Russian Federation

The paper presents data on a study of the distribution of microplastic particles of different size (500 and 1000 nm) in the liver of experimental rats. A semi-quantitative assessment method using fluorescent staining was used for the analysis. In order to identify the distribution and intensity of microplastic accumulation in animal tissues, particles were injected as intracardiac administration, afterwards the histological samples were studied using microscopy and a comparative analysis of the level of particle distribution in the liver. The data obtained revealed a clear dependence of microplastic accumulation on its size: the highest concentration was observed for 1000 nm particles, which was confirmed by a pronounced increase of fluorescence in this group. It was found that larger particles (1000 nm) are distributed in the liver in significantly larger quantities compared to 500 nm particles and control samples, which emphasizes the influence of particle size on their distribution in the body. **Keywords:** experiment, rats, microplastic, liver, semi-quantitative analysis, distribution, size.