

ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОГО ДНЯ НА ПОВЕДЕНИЕ МЫШЕЙ *MUS MUSCULUS MOLOSSINUS L.*

EFFECT OF DAYLIGHT LENGTH ON THE BEHAVIOR OF MICE *MUS MUSCULUS MOLOSSINUS L.*

*E. Fomicheva
A. Poddubnaya*

Summary. The effect of daylight hours on the behavior of mice in an experiment using the open-field test and forced-swim test was researched. The features of the behavioral reactions of mice, their motor and exploratory activity, and their physical performance under different lighting conditions were studied. It was found that under desynchronization conditions, when exposing mice of the *Mus musculus L.* species to lighting conditions of 20 light/4 dark and 9 light/2 dark/9 light/4 dark, the psychoemotional state of the mice changes, which is expressed in a statistically significant decrease in the number of visits to the center, wall stands, and an increase in the number of grooming acts, defecation, and urination compared to the control group under lighting conditions of 12 light/12 dark. Evaluation of performance using the forced-swim test showed a decrease in the duration of active swimming, movements from wall to wall, and an increase in the duration of drifts under conditions of both long-term and intermittent dark deprivation. It was concluded that long-term dark deprivation, even considering the «break», leads to negative changes in the behavior of mice and is expressed in a decrease in performance, the appearance of a depressive-like state and disturbances in psychomotor activity.

Keywords: mice, behavior, desynchronization, dark deprivation, open-field test, forced-swim test.

Фомичева Елена Михайловна

кандидат биологических наук, доцент, Ярославский
государственный университет им. П.Г. Демидова
fomalyona@bk.ru

Поддубная Алла Александровна

Ярославский государственный
университет им. П.Г. Демидова
allapoddubnaya@gmail.com

Аннотация. Исследовано влияния длины светового дня на поведение мышей в эксперименте с использованием методик «Открытое поле» и «Принудительное плавание». Изучали особенности поведенческих реакций мышей, двигательную и исследовательскую активность, физическую работоспособность животных при разных режимах освещения. Выявлено, что в условиях десинхронизации при экспозиции мышей вида *Mus musculus L.* при режимах освещения 20 свет/4 темнота и 9 свет/2 темнота/9 свет/4 темнота изменяется психоэмоциональное состояние мышей, выражающееся в статистически значимом снижении количества посещений центра, пристеночных стоек и увеличении количества актов груминга, дефекации, мочеиспускания по сравнению с контрольной группой в условиях освещения 12 свет/12 темнота. Оценка работоспособности методом «Принудительное плавание» показала снижение длительности активного плавания, перемещений от стенки к стенке и повышении продолжительности дрейфов в условиях как длительной, так и прерывистой темновой депривации. Сделан вывод о том, что длительная темновая депривация даже с учетом «перерыва» приводит к негативным изменениям в поведении мышей и выражается в снижении работоспособности, появлении депрессивно-подобного состояния и нарушениям психомоторной деятельности.

Ключевые слова: мыши, поведение, десинхронизация, темновая депривация, принудительное плавание, открытое поле.

Введение

В современном мире все большее внимание уделяется нарушению режимов сна и бодрствования за счет увеличения времени светлого периода суток искусственным путем. Нетрадиционные графики работы, трансмеридианные путешествия и другие факторы могут стать причиной нарушения циркадианных ритмов у человека. В настоящее время искусственное освещение можно отнести к нехимическим эндокринным разрушителям, влияющим на здоровье человека и животных, включая нарушение циркадного регулирования синтеза мелатонина, обмена веществ и может являться одним из факторов, влияющих на развитие раковых заболеваний [26]. Рассогласование внешних и внутренних регуляторов биологических ритмов может приводить к десинхронизации, проявляющемуся нарушением сна, снижением работоспособности, повышенной утомляемостью, на-

рушением психомоторной деятельности [5]. Такое рассогласование приводит к изменению различных физиологических и биохимических параметров организма, в частности к изменению содержания катехоламинов, показателей перекисного окисления липидов, к изменению в работе системы антиоксидантной защиты [15]. Изучение поведения мышей при темновой депривации с кратковременным прерыванием освещения модулирует возможность дополнительного отдыха и вероятность снижения последствий длительного десинхронизации.

Нарушение эндогенных биологических ритмов оказывает патологическое влияние на синтез гормонов, качество и структуру сна. Отмечается наличие корреляции между нарушением биологических ритмов и снижением продолжительности жизни, увеличением риска развития злокачественных заболеваний [12]. Благодаря изучению животных в условиях стресса, в частности при

нарушенном режиме освещения, возможно выявление наиболее значимых последствий для организма и поиск мер для их устранения, либо максимального снижения.

Материалы и методы исследования

Для проведения эксперимента использовали аутбредных лабораторных мышей вида *Mus musculus molossinus* L. одномесячного возраста. Использование в качестве тест систем не линейных лабораторных животных часто применяется для оценки адаптогенной активности и фармакологических исследований [16]. До начала эксперимента все мыши находились в 7-дневном карантине в стандартных условиях освещения 12 часов свет/ 12 часов темнота. Подопытных животных содержали по 5–7 особей в стеклянных аквариумах размером 250x350x220 мм с крышкой из металлической сетки. Эксперимент был выполнен на 75 нелинейных белых мышах одного возраста. Все процедуры с животными проводились согласно правилам и рекомендациям гуманного обращения с животными, используемыми для экспериментальных и научных целей. Для создания экспериментальных групп, животных разделяли на две согласно принципу рандомизации выборок.

Особь находились в одинаковых условиях и при стандартном рационе питания. Для соблюдения выбранного варианта освещения аквариумы с мышами помещались в закрытые камеры с автоматически регулируемым режимом освещения. Контрольная группа содержалась при стандартном световом режиме 12 свет/12 темнота. В качестве исследуемых режимов освещения были выбраны два варианта светового режима для моделирования светового десинхроноза — 20 свет/4 темнота (далее 20C/4T) и 9 свет/2 темнота/9 свет/4 темнота (далее 9C/2T/9C/4T), при освещении лампами дневного света 750 лк в течение 28 суток.

Животные обеих групп подвергались тестированию по методикам «Открытое поле» и «Принудительное плавание». Оценку поведения проводили на 1, 7, 14 и 21 сутки экспозиции. Оценку ориентировочно-исследовательских реакций и психофизиологического теста ситуативной тревоги проводили с использованием метода «Открытое поле». Поведение животных отслеживали и записывали в течение 3 минут, оценивая горизонтальную и вертикальную активность (посещение центра поля, пристеночные и свободные стойки), груминг, дефекацию, мочеиспускание. Работоспособность и наличие депрессивно-подобного состояния животных оценивали в тесте «Принудительное плавание». Для этого мышей помещали в цилиндр с водой на 3 минуты и засекали на секундомере продолжительность активного плавания. Продолжительность плавания регистрировали секундомером с точностью до 1 с. Опыт проводили в цилиндре из прозрачного стекла (высо-

та 30 см, диаметр 20 см), заполненном водой на 15 см от дна. Фиксировали длительность активного плавания, количество перемещений от стенки к стенке цилиндра, число и продолжительности неподвижности (дрейфов). По продолжительности активного плавания оценивали работоспособность особей. Критерием полного утомления служили безуспешные попытки всплыть на поверхность, отказ от таких попыток либо опускание на дно (в опытной группе). Показатель «пассивное плавание» или «дрейф» использовали для регистрации депрессивно-подобного состояния.

Статистическая обработка результатов производилась с помощью программы «Statistica 6». Достоверность различий между группами определяли с помощью непараметрического критерия Манна — Уитни и критерия соответствия χ^2 Пирсона. Различия считались статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования

Длительное искусственное освещение может приводить к нарушению поведенческой активности у животных, повышению уровня тревожности, нарушению ориентации в пространстве, снижению «долговременной памяти», изменению эмоционального статуса животных [6, 20]. При продолжительной световой депривации развивается световой десинхроноз, способный приводить к нарушению двигательных и когнитивных процессов у животных [3].

В контрольном варианте со стандартным режимом освещения 12C/12T в тесте «Открытое поле» преобладающими реакциями у животных были пристеночные стойки (48 %), посещение центра арены (16 %), свободные стойки (13 %), как проявление исследовательского поведения при внесении в новую обстановку (Рис. 1). Уровень эмоциональной реактивности может влиять на показатели животных [32]. В контрольной группе показатели эмоциональной реактивности или тревожности при помещении в тестовую среду составляли: активный груминг (13 %), осуществление актов мочеиспускания (4 %) и дефекации (8 %). На 21 сутки экспозиции соотношение поведенческих реакций у особей контрольной группы практически не отличается от первоначальной съемки данных ($\chi^2=3.91, p \geq 0.05$). По-прежнему доминирующими оставались пристеночные стойки (35 %), при незначительном увеличении посещений центра (22 %) и свободных стоек (17 %) (Рис. 1) Однако количество пристеночных стоек на конец экспозиции по сравнению с первоначальными данными статистически значимо снижается ($p=0,009532$).

Тестирование методом «Принудительное плавание» показало, что в контрольной группе средняя длительность активного плавания до первого дрейфа на 1 сутки

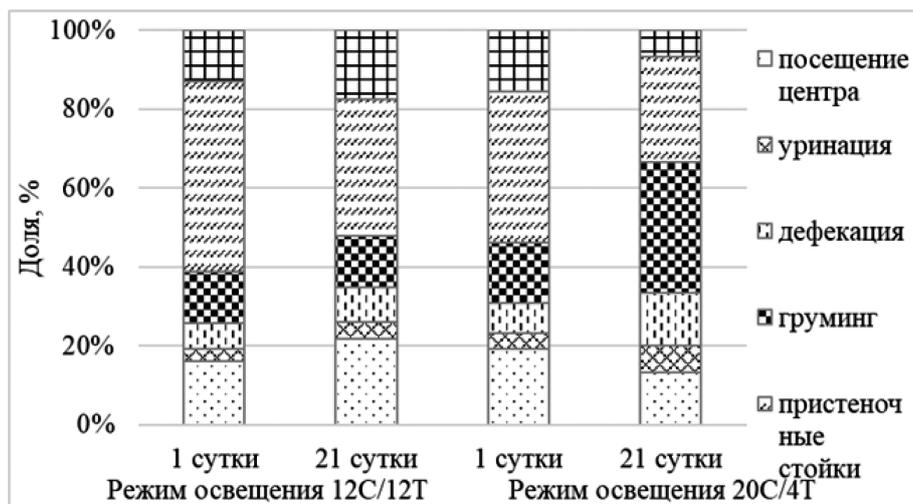


Рис. 1. Изменение показателей поведения мышей в тесте «Открытое поле» при режиме освещения 20С/4Т

экспозиции составляла $66,2 \pm 10,4$ с, а в конце экспозиции на 21 сутки незначительно снижается $60,4 \pm 8,4$ с ($p=0,95$) Аналогичная динамика отмечена и для средней продолжительности пассивного плавания (дрейфов). Средняя продолжительность дрейфов на 1 сутки экспозиции составила $18,7 \pm 1,6$ с, а в конце на 21 сутки $17,8 \pm 1,1$ с. ($p=0,58$).

В условиях темновой депривации у мышей опытной группы (режим освещения 20С/4Т) перед началом экспозиции отмечено сходное контрольному варианту соотношение типов поведенческих реакций ($\chi^2=1.683$, $p>0.05$), с преобладанием пристеночных стоек (39 %) и посещений центра (19%) (Рис. 1). Однако на 21 сутки оценка поведения особей при длительной экспозиции в условиях десинхроноза (Рис. 1) показала внутригрупповое (сравнение между 1 и 21 сутками) статистически значимое изменение ($p<0,01$) в соотношении типов поведенческих реакций: преобладающей реакцией становится груминг (33 %), снижается количество пристеночных стоек (27 %), практически в 2 раза снижается количество свободных стоек (7 %) и посещений центра (13 %), с одновременным увеличением количества актов дефекации (13 %) и мочеиспускания (7 %). При этом выявлено статистически значимое снижение числа посещений центра ($p=0,004$) и увеличении уринаций ($p=0,03$).

Сравнение соотношения типов поведенческих реакций между контрольной и опытной группами (межгрупповое) на 21 сутки экспозиции также выявляет статистически значимые изменения ($\chi^2=15.08$, $p < 0,01$), выражающееся в смене доминирующих типов поведенческих реакций (Рис. 1), уменьшении частоты посещений центра и осуществлении актов уринации. Изменяются и показатели теста «Принудительное плавание»: отмечено снижение продолжительности активного плавания к 21 суткам экспозиции на 58 % ($p=0,009$). Среднее время продолжительности дрейфов напротив, возрастало

по сравнению с начальными показателями на 42,9 % ($p=0,013$). При сравнении показателей контрольной и опытной группы на 21 сутки экспозиции также выявлены межгрупповые статистически значимые отличия: увеличение средней продолжительности дрейфов ($p=0,00016$), снижение длительности активного плавания до первого дрейфа ($p=0,0001$), уменьшение числа перемещений особи от стенки к стенке ($p=0,002$) (Таблица 1).

Таблица 1.

Изменение показателей тестирования мышей методом «Принудительное плавание» в условиях режима освещения 20С/4Т

Параметры	Режим освещения 12С/12Т	Режим освещения 20С/4Т
Длительность активного плавания, сек.	60.4 ± 8.4	$25.3 \pm 3.6^*$
Число перемещений от стенки к стенке	9.7 ± 0.9	$4.3 \pm 0.7^*$
Продолжительность дрейфов, сек	17.8 ± 1.1	$30.3 \pm 3.1^*$
Число дрейфов	3.7 ± 0.4	8.3 ± 0.9

Примечание: достоверные отличия с показателем режима освещения 12С/12Т (контроль) ($*p \leq 0,05$).

При изучении влияния режима освещения 9С/2Т/9С/4Т за контрольный вариант также принимали режим освещения 12С/12Т, являющийся стандартным в исследованиях поведения мышей. В контрольном варианте в данной серии экспериментов основные поведенческие реакции распределялись стандартно: преобладающими являются пристеночные стойки (47 %), 26 % — свободные стойки, 15 % — посещение центра, 6 % — груминг, по 3 % дефекация и мочеиспускание (Рис. 2). На 21 сутки экспозиции, в контрольном вариан-

те преобладающей реакцией по-прежнему оставались пристеночные стойки — 52 %, незначительно снижались показатели свободных стоек — 24 %, посещения центра — 13 %, груминга — 4 %, количество актов дефекации и уринаций — 5 % и 2 % соответственно ($p > 0.05$). При этом статистически значимые отклонения зафиксированы в снижении среднего числа пристеночных ($p = 0,013$) и свободных стоек ($p = 0,009$), как вертикальной двигательной активности, и частоты актов дефекации ($p = 0,006$), что вероятно отражает привыкание особей к экспериментальной обстановке. В тесте «Принудительное плавание» выявлено, что в контрольной группе к 21 суткам экспозиции статистически значимо увеличилась средняя длительность активного плавания до 1 дрейфа на 17 % ($p = 0,002$).

В опытной группе в условиях прерывистой темновой депривации (режим освещения 9C/2T/9C/4T) в начале экспозиции отличий в соотношении поведенческих реакций от контрольной группы на 1 сутки экспозиции не выявлено ($p > 0.05$): преобладающей реакцией также являются пристеночные стойки — 55 %, свободные стойки — 23 %, 12 % — посещение центра, 6 % — груминг, дефекация и мочеиспускание 3 и 2 % соответственно. На 21 сутки экспозиции выявлены внутригрупповые различия в опытной группе: преобладающей реакцией оставались пристеночные стойки — 50 %, однако почти в 2 раза возрастает число актов груминга — 14 %, снижается количество свободных стоек до 14 %, почти в 4 раза возрастает количество дефекаций — 11 %, количество актов мочеиспускания возросло до 4 %, а показатель посещения центра снизился до 7 % ($\chi^2 = 13.244$, $p < 0,05$) (Рис. 2). При анализе изменений по конкретным поведенческим реакциям на 21 сутки отмечены статистически значимые отличия: снижении частоты посещения центра ($p = 0,000047$), количестве пристеночных ($p = 0,000001$) и свободных стоек ($p = 0,000128$) и увеличении частоты актов груминга ($p = 0,000084$) и дефекации ($p = 0,0096$).

Выявлены и межгрупповые отличия в поведении между контрольной и опытной группами ($\chi^2 = 12.943$, $p < 0,05$). Так, второй преобладающей реакцией, после пристеночных стоек, у контрольной группы на конец экспозиции оставались свободные стойки, в то время как у опытной группы на втором месте — груминг (прерывистый) и свободные стойки. Также, статистически значимые отличия отмечены при сравнении показателей контрольной и опытной группы по отдельным показателям; уменьшение посещения центра ($p = 0,000001$), число пристеночных ($p = 0,000003$) и свободных стоек ($p = 0,000018$), увеличение числа актов груминга ($p = 0,00029$) и дефекации ($p = 0,04$). По данным теста «Принудительное плавание» средняя длительность активного плавания до первого дрейфа в опытной группе (режим освещения 9C/2T/9C/4T) к концу экспозиции снижалась на 55,1 % ($p = 0,000025$), а средняя продолжительность дрейфов напротив, возрастала, но незначительно ($p = 0,102$). Однако отмечалось статистически значимое снижение числа пересечений периметра емкости «от стенки к стенке» ($p = 0,000003$) и увеличение количества дрейфов ($p = 0,0051$) (Таблица 2).

При анализе межгрупповых показателей мышей контрольной и опытной группы на 21 сутки экспозиции в тесте «Принудительное плавание» отмечено, что у особей опытной группы уменьшается продолжительность активного плавания 62,7 % ($p = 0,000192$), на 58,8 % уменьшается число перемещений от стенки к стенке ($p = 0,000004$), увеличивается на 33,3 % частота ($p = 0,0014$) и на 64,3 % продолжительность дрейфов ($p = 0,000003$) по сравнению с контролем (Таблица 2).

Обсуждение результатов

Живые организмы физиологически приспособлены к циклическому характеру светового воздействия, при этом свет является универсальным синхронизатором

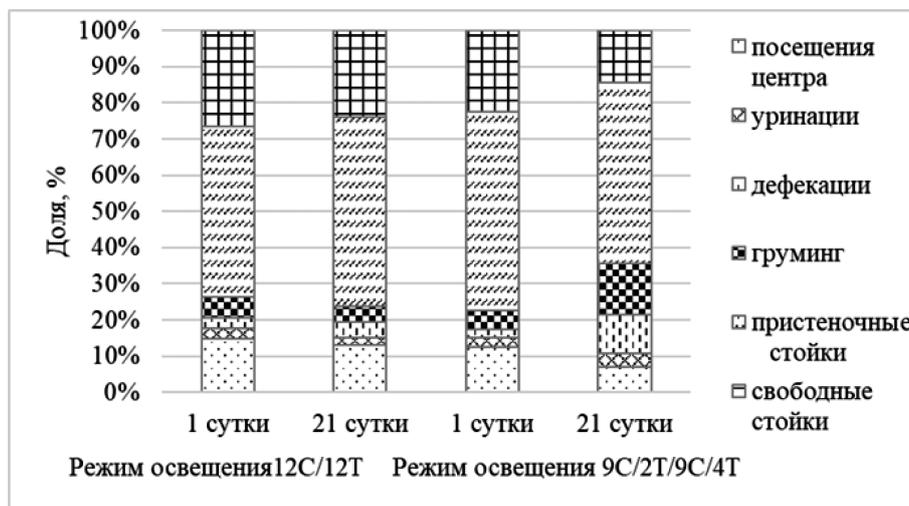


Рис. 2. Изменение показателей поведения мышей в тесте «Открытое поле» при режиме освещения 9C/2T/9C/4T

Таблица 2.
Изменение показателей тестирования мышей методом «Принудительное плавание» в условиях режима освещения 9C/2T/9C/4T на 21 сутки экспозиции

Параметры	Режим освещения 12C/12T	Режим освещения 9C/2T/9C/4T
Длительность активного плавания, сек.	83.4±2	30.5±3*
Число перемещений от стенки к стенке	16.5±0.4	6.8±0.7*
Продолжительность дрейфов, сек	14.3±1.1	22.9±1.3*
Число дрейфов	4.2±0.3	5.8±0.5*

Примечание: достоверные отличия с показателем режима освещения 12C/12T (контроль) (* $p \leq 0,05$).

большинства биологических ритмов организма. Изменение ритма чередования светлого и темного времени суток может приводить к возникновению рассогласования во времени физиологических процессов, т.е. к десинхронозу. Это приводит к стрессу, проявляющемуся в увеличении риска развития психоэмоциональных нарушений, расстройств сна, иммунодефицитных состояний, дисбалансу серотониновой (5-HT) системы мозга и др. [1, 29]. Нарушение биологических ритмов может быть обусловлено как увеличением длительности темного периода [27], так и увеличением длительности световой нагрузки за счет искусственного «светового шума», что в целом может приводить к нарушению психоэмоционального состояния [30].

Для оценки безусловной эмоциональной реактивности, страха или тревожности имеется несколько тестов, таких как «Открытое поле», «Приподнятый лабиринт» и др. Тест «Открытое поле» широко применяется при изучении поведенческих реакций в фармакологических исследованиях, психогенетике и позволяет оценивать ориентировочно-исследовательские, двигательные реакции, эмоциональную реактивность и работоспособность животных [8, 19, 21, 22, 23]. Проведение снятия данных на 1 сутки экспозиции позволяет выявить стандартные «фоновые» поведенческие реакции грызунов в условиях новой «стрессогенной» обстановки, а изменение исследовательской активности отражает уровень тревожности особей [14, 24]. В контрольной группе при стандартном для лабораторных исследований на мышах режиме освещения 12C/12T показано, что поведение особей на 21 сутки экспозиции практически не отличается от первоначальных данных и преобладающими остаются типичные исследовательские реакции — пристеночные и свободные стойки, посещение центра арены. При этом, отмеченное снижение количества пристеночных стоек, как показателя вертикальной дви-

гательной активности вероятно связано с привыканием особей к экспериментальной обстановке. Поскольку остальные показатели остались с минимальными изменениями, данное снижение частоты осуществления пристеночных стоек на фоне понижения тревожно-фобических реакций может быть связано с привыканием мышей к условиям тестирования и самой арене. Показано, что ориентировочно-исследовательская активность у грызунов имеет возрастные особенности и может снижаться по мере взросления особей [10, 18, 27]. Частая дефекация, наблюдаемая у животных, свидетельствует о тревожности, повышении страха у данной возрастной группы и снижение ощущения спокойствия [10]. Поэтому снижение количества актов дефекации у контрольных особей свидетельствует о снижении тревожности грызунов, за счет адаптации к тестированию.

Достоверное снижение исследовательской активности в условиях освещения 20 свет/4 темнота может быть обусловлено увеличением уровня тревожности, вызванным изменением циркадных ритмов из-за длительного воздействия света, приводящего к недостатку выработки мелатонина [4, 13, 18]. У особей накапливается утомление, приводящее к снижению двигательной и исследовательской активности [6]. Причем животные показывают высокую чувствительность к увеличению длительности светового режима, даже на фоне приема препаратов мелатонина, лишь частично устраняющих изменения в поведении, поскольку эффекты приема мелатонина связаны с генотипом реакции иммунной системы и ряда нейрохимических показателей [6, 29]. Введение дополнительного периода темноты в режиме освещения 9C/2T/9C/4T, как одного из вариантов астатичности влияния факторов, практически не улучшил психосоматическое состояние особей. Также, как и в варианте 20C/4T статистически значимо возрастает число актов груминга, дефекаций и снижается частота посещения центра и пристеночных стоек по сравнению с контрольной группой.

Изменение частоты перемещений животных, отражающее активность исследовательского и локомоторного поведения является показателем самоощущения животного в тех или иных условиях освещения (испытывает ли особь стресс или нет). Чаще всего снижение показателя посещения центра арены отмечается при появлении депрессивно-подобного состояния [7, 8, 23]. Это связано с тем, что животное, испытывающее стресс или тревожность, чаще стремится избегать центральную область арены, стараясь держаться на «безопасной» периферии [24]. В целом, угнетение двигательной активности может выступать и как проявление защитного торможения, возникающего на развивающийся стресс [9].

Помимо изменений, отмеченных в двигательной активности и исследовательском поведении, при длитель-

ном световом воздействии при обоих опытных световых режимах было отмечено увеличение числа актов и качества груминга. Груминг является одним из показателей здоровья животного, а хронический стресс способен подавлять чистку шерсти [17]. В нашем исследовании к концу экспозиции он становился коротким, прерывистым и незавершенным, что обусловлено воздействием стресс-фактора, которым является темновая депривация [24, 25]. Увеличение числа актов дефекации у особей опытной группы свидетельствует о появлении тревожности, повышении страха у особей данной возрастной группы и снижение ощущения спокойствия [10]. В ходе наблюдений за животными также отмечено, что шесть особей опытной группы к моменту окончания эксперимента стали более возбужденными: часто прыгали по аквариуму или пространству лабиринта «Открытого поля», издавали агрессивные писки по отношению к другим особям или исследователю, а также пробовали напасть на корнцанг. У особей опытной группы были отмечены атипичные формы поведения: более активное, быстрое передвижение по пространству «открытого поля», вытягивание при передвижении, «дрожание». Таких особенностей поведения у контрольных особей не отмечалось. Данные изменения, особенно высокая частота поз вытягивания, связанная с «оценкой рисков», также связано повышением уровня тревожности мышей опытной группы в условиях десинхронизации [24]. Таким образом, анализ поведенческого спектра мышей в тесте «Открытое поле» позволил отметить у молодых животных сдвиги в поведенческих реакциях, выразившиеся в угнетении исследовательской деятельности, а также развитии тревожности, агрессии. Подобные изменения в поведении грызунов отмечены как при 18-часовом периоде депривации, так и круглосуточном освещении [2, 6, 13, 27, 33, 34], что вероятно можно отнести к поведенческим биомаркерам стресса. В обоих опытных вариантах режима освещения отмечается увеличение частоты актов дефекации, что свидетельствует о повышении уровня тревожности на фоне повышения уровня адреналина [3, 24]. Кроме стандартных изменений в соотношении и количественных показателях поведенческих актов, у особей опытной группы также отмечали копрофагию и дефекацию в емкость с пищей.

Тест «Принудительное плавание» используется для оценки работоспособности и формирования депрессивноподобного статуса у лабораторных животных [16]. В контрольных группах при освещении 12C/12T статистически значимых отличий в продолжительности и частоты дрейфов, числе пересечения от стенки к стенке к концу 21 суток не выявлено. Наоборот, отмечается увеличение длительности активного плавания, что подтверждает данные теста «Открытое поле» и свидетельствует об отсутствии стресс-факторов, негативно действующих на работоспособность контрольных осо-

бей. В условиях стресса при непрерывной темновой депривации животные быстрее переходят к депрессивному неподвижному (дрейфующему) состоянию, «зависанию», снижается активность совершаемых попыток выбраться из сосуда, используемого в ходе эксперимента. Показано, что при длительном световом десинхронизации у грызунов снижается физическая выносливость, определяемая по показателю продолжительности вынужденного плавания с грузом [5]. В нашем случае у животных опытной группы при режиме освещения 20C/4T отмечено на конец экспозиции статистически значимое снижение длительности активного плавания, пересечений от стенки к стенке и наоборот увеличение продолжительности дрейфов, что свидетельствует о снижении работоспособности особей и формировании депрессивно-подобного состояния [11, 28, 30, 31]. Сравнение показателей на 21 сутки экспозиции между контрольной и опытной группами показало статистически значимые отличия в длительности активного плавания и средней продолжительности дрейфов. В условиях освещения 9C/2T/9C/4T у опытной группы к концу экспозиции также было отмечено статистически значимое снижение времени активного плавания и количества перемещений от стенки к стенке. И наоборот отмечается увеличение числа и продолжительности дрейфов, свидетельствует о снижении работоспособности мышей. Как показывают результаты, короткий дополнительный период темноты не достаточен для улучшения психоэмоционального состояния животного, как и в варианте с более длительной темновой депривацией. Кроме того, отмечали, что некоторые мыши опытных групп не способны были проплыть все время экспозиции и переставали удерживаться на поверхности воды. Такой ранний отказ от попыток выбраться из сосуда, склонность к «пассивному плаванию» свидетельствует о том, что животное находится в состоянии депрессии [23]. Подобная физическая неподвижность, выражаемая в дрейфующем состоянии, считается одним из проявлений так называемого «поведенческого отчаяния».

Заключение

Таким образом, длительное содержание мышей в условиях частичной и прерывистой темновой депривации оказывает негативное влияние на динамику поведенческих реакций, психоэмоциональных проявлений и работоспособность мышей. Длительное освещение приводит к ухудшению психосоматического состояния, росту тревожности и снижению работоспособности особей. Кратковременное дополнительное прерывание освещения не влияет на формирование угнетенного состояния особей, что свидетельствует о запуске механизмов десинхронизации на системном уровне и развитии хронического стресса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адонина С.Н. Влияние короткого светового дня на поведение и серотониновую систему мозга у мышей каталептической линии CBA/Lac // Физиология — Новосибирск: Новосибирский государственный университет Институт цитологии и генетики СО РАН. — 2020. — С. 118.
2. Антипова О.Н., Иванов, А.Н., Злобин О.В., Суровцева К.А., Анкина В.Д., Бондарь Г.Д., Зенкина Т.М., Полюкова М.В. Нарушение поведенческих реакций белых крыс-самцов в условиях измененного фотопериодизма // Современные проблемы науки и образования. — 2019. — № 4. — С. 62.
3. Батоцыренова Е.А. Биохимические механизмы фармакологической коррекции функционального состояния организма в условиях светового десинхроноза // дисс. на соискание . . . докт.биол.наук, 2024. Санкт-Петербург. Фармакология, клиническая фармакология (биологические науки). 348 с.
4. Белоусова И.И., Жидкова Н.М., Борисова Е.В., Епифанова Е.А., Салина В.А., Тутукова С.А., Лапшин Р.Д., Бабаев А.А., Мухина И.В., Tarabykin V.S. Фенотипические особенности поведения мышей с нокаутом по гену *SIP1* // Современные технологии в медицине. — 2018. — том 10, № 2. — С. 20–30.
5. Бобок М.Н., Павлова Л.А., Козин С.В. Влияние светового десинхроноза на продолжительность вынужденного плавания мышей // Биомедицина. — 2017. — № 1. — С. 28–31.
6. Виноградова И.А. Сравнительное изучение влияния различных световых режимов на психоэмоциональные проявления и двигательную активность у крыс // Вестник НГУ. Серия: Биология, клиническая медицина. — 2006. — Т.4 (2). — С. 69–77.
7. Габай И.А., Мухачев Е.В., Михайлова К.А., Носов В.Н. Апробация метода оценки горизонтальной двигательной активности белых лабораторных крыс с помощью автоматизированной установки «Открытое поле» // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). — 2011. — № 3. — С. 223–226.
8. Гостюхина А.А., Замощина Т.А., Светлик М.В. Жукова А.Б., Зайцев К.В., Абдулкина Н.Г. Поведенческая активность крыс в «открытом поле» после световой или темновой деприваций и физического переутомления // Бюллетень сибирской медицины. — 2016. — 15(3). — С. 16–23.
9. Гостюхина А.А. Особенности адаптивных реакций крыс при физических нагрузках в условиях световых десинхронозов // дисс. на соискание . . . канд.биол. наук. 2017. Томск. 03.03.01. Физиология. 156 с.
10. Губайдуллина И.З. Особенности двигательной активности крыс различных возрастных групп // Вестник магистратуры. — 2016. — № 3 (54). — С. 15–16.
11. Зайцева М.С., Иванов Д.Г., Александровская Н.В. Работоспособность крыс в тесте «Вынужденное плавание с грузом» и причины её варибельности // Биомедицина. — 2015. — № 4. — С. 30–42.
12. Зарубина Е.Г., Грибанов И.А. Роль светового десинхроноза в развитии метаболических нарушений у крыс породы Wistar в эксперименте // Вестник медицинского института «Реавиз». — 2020. — № 1. — С. 107–110.
13. Илюха В.А., Виноградова И.А., Хижкин Е.А., Ильина Т.Н., Узенбаева Л.Б., Лотош Т.А., Айзиков Д.Л., Кижина А.Г., Морозов А.В., Анисимов В.Н. Влияние постоянного и естественного освещения на физиологическое состояние крыс // Принципы экологии. — 2012. — № 1. — С. 29–41.
14. Каде А.Х., Кравченко С.В., Трофименко А.И., Поляков П.П., Липатова А.С., Ананьева Е.И., Чаплыгина К.Ю., Уварова Е.А., Терещенко О.А. Современные методы оценки уровня тревожности грызунов в поведенческих тестах, основанных на моделях без предварительного обусловливания // Кубанский научный медицинский вестник. — 2018. — 25(6). — С. 171–176. DOI: 10.25207 / 1608-6228-2018-25-6-171-176
15. Климина К.М., Батоцыренова Е.Г., Юнес Р.А., Е.Г. Гиляева, Е.Ю. Полуэктова, Т.И. Кострова, А.В. Кудрявцева, М.В. Одорская, В.А. Кашуро, А.С. Касьянов, М.Б. Иванов, В.Н. Даниленко Влияние десинхроноза на состав микробиоты кишечника и физиологические параметры крыс // BMC Microbiology 19, 160 (2019). <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1535-2>
16. Ковалева М.А., Макарова М.Н., Макаров В.Г. Применение теста «принудительное плавание» при проведении доклинических исследований // Международный вестник ветеринарии. — Санкт-Петербург: «Международный вестник ветеринарии» (МВВ). — 2015. — С. 90–95.
17. Куликов А.В., Тихонова М.А., Куликова Е.А., Куликов В.А., Попова Н.К. Влияние генотипа и эмоционального стресса на гигиеническое поведение мышей // Журнал высшей нервной деятельности. — 2020. — Т.60. — № 5. — С. 632–637.
18. Лотош Т.А., Виноградова И.А., Букалев А.В., Анисимов В.Н. Модифицирующее влияние постоянного освещения на организм крыс в зависимости от сроков начала воздействия // Фундаментальные исследования. — 2013. — № 5 (2). — С. 308–313.
19. Малышева Е.В. Особенности психофизиологических функций у мышей при снижении уровня нейтрофилов крови // Вестник ТГУ. — 2014. — № 1. — С. 202–204.
20. Осиков М.В., Огнева О.И., Гизингер О.А., Федосов А.А. Этологический статус и когнитивная функция при экспериментальном десинхронозе в условиях светодиодного освещения // Фундаментальные исследования. — 2015. — №1 (часть 7) — С. 1392–1396.
21. Смирнова К.В., Чижова Н.Д., Амстиславская Т.Г. Влияние хронического эмоционально стрессового воздействия на поведение мышей с мутациями q311 и I100p в гене *Disc1* // Сибирский вестник психиатрии и наркологии — 2023 — № 1 — С. 104 — 113.
22. Суркова Е.О., Скрипка М.О., Мирошников М.В. Изучение Влияния новых производных бензимидазола на поведение мышей в открытом поле // Молодёжь и медицинская наука. — 2019. — С. 80.
23. Танаева К.К., Дубынин В.А. Материнская депрессия: когда счастье не в радость // Наука из первых рук. — 2014. — Том 55, №1. — С. 50–59.
24. Трофимова Н.А. Проблемы изучения защитного и исследовательского поведения крыс в лабиринтах для оценки уровня тревожности при экспериментальном исследовании реакции страха // The scientific heritage. — 2020. — № 52. — С. 16–23.
25. Французова Т.И., Чистяков С.И., Балашов В.П., Овсянникова Л.А. Фармакологические способы профилактики стресс-индуцированных состояний в эксперименте // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. — 2010. — №4 (16). С. 26–35.
26. Хабаров С.В., Стерликова Н.А. Мелатонин и его роль в циркадной регуляции репродуктивной функции (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. — 2022. — Т.29. № 3. — С. 17–31.
27. Хижкин Е.А., Гулявина А.В., Илюха В.А., Виноградова И.А., Морозов А.В., Брулер Е.С. возрастные изменения поведения и тревожно-фобических реакций крыс при воздействии световой депривации и лузиндол // Труды Карельского научного центра РАН. — 2018. — № 12. — С. 110–124.

28. Хоцкин Н.В., Баженова Е.Ю., Куликова Е.А., Сорокин И.Е., Куликов А.В. Влияние с1473g полиморфизма в гене триптофангидроксилазы 2 и длины светового дня на поведение мышей // Журнал высшей нервной деятельности. — 2019. — № 1. — С. 78–87.
29. Шурлыгина А.В., Литвиненко Г.И., Гилинский М.А., Латышева Т.В., Мельникова Е.В., Тендитник М.В., Храпова М.В., Труфакин В.А. Влияние мелатонина на показатели иммунной и нервной систем мышей линий СВА и С57BL/6J при нарушении светового режима // Иммунология. — 2016. — № 37(2). — С. 68–75.
30. Becker A., Bilkei-Gorzo, A., Michel, K., Zimmer, A. Exposure of mice to long-light: a new animal model to study depression. // Eur neuropsychopharmacology. — 2010. V. 20 (11) — P. 802–812.
31. Can A., Dao D., Arad M., Terrillion C., Piantadosi S., Gould T. The mouse forced swim test // JoVE Journal. Neuroscience. — 2012. — V. 59. — P. 1 — 5.
32. F. Joseph van der Staat, T. Schuurman, C.G. van Reenen, M. Korte Emotional reactivity, and cognitive performance in aversively motivated tasks: a comparison between four rat strains // Behavioral and brain functions. 5, 50 (2009). <https://doi.org/10.1186/1744-9081-5-50>
33. Garcia A.M., Cardenas F.P., Morato S. Effect of different illumination levels on rat behavior in the elevated plus-maze // PhysiolBehav. —2005. — V. 85 (3). — P. 265–270.
34. Kafkañ N., Elmer G.I. Activity density in the open field: a measure for differentiating the effect of psychostimulants // Pharmacology, biochemistry, and behaviour. — 2005. — V. 80. — P. 239 — 249.

© Фомичева Елена Михайловна (fomalyona@bk.ru); Поддубная Алла Александровна (allapoddubnaya0@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»