

УДК [613.645:616–001.14/15]:591.111

СВЕТОДИОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА КАК МОДУЛЯТОР ГОРМОНАЛЬНОГО ФОНА САМЦОВ БЕЛЫХ КРЫС В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Коноплянко В. А., Баслык А. Ю., Грынчак В. А., Итпаева-Людчик С. Л.

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Реферат. В публикации представлены результаты исследований содержания гормонов в сыворотке крови лабораторных животных при моделировании световой среды, формируемой светодиодными источниками света с различной коррелированной цветовой температурой, в экспериментальной установке, предназначенной для изучения влияния искусственных источников света с заданными параметрами на организм лабораторных животных. Определены изменения концентрации эстрадиола, прогестерона и тестостерона в сыворотке крови лабораторных крыс, содержащихся в течение 28 суток в условиях искусственной световой среды, формируемой светодиодными источниками света. По окончании эксперимента с 90-суточной экспозицией светодиодного освещения выявлены изменения содержания эстрадиола, тестостерона и кортизола в сыворотке крови опытных крыс.

Ключевые слова: светодиод, источники света, световая среда, коррелированная цветовая температура, лабораторные животные, гормоны.

Введение. Для максимального сохранения работоспособности при длительной полноценной трудовой деятельности работников рабочие места должны соответствовать современным физиолого-гигиеническим требованиям. Формирование искусственной световой среды на рабочих местах зданий и сооружений, прежде всего, должно быть направлено на сохранение здоровья работника, а также на создание условий для безопасно и высокопроизводительного труда.

Специфические санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда работающих, утвержденные постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 01.02.2020 № 66, устанавливают перечень факторов производственной среды, уровни которых должны соответствовать гигиеническим нормативам. Одним из таких факторов, обязательным для мониторинга на всех рабочих местах, является искусственное освещение. Световая среда на рабочих местах в помещениях зданий и сооружений, ввиду своей высокой биологической значимости для здоровья и комфорта работающих, является объектом активного изучения во всем мире. Появление светодиодных источников света не только позволило качественно из-

менить световую среду на рабочих местах, сохранив или значительно увеличив освещенность при снижении потребления электроэнергии, но и представило возможность для развития динамического освещения и формирования концепции человеко-ориентированной световой среды, фактически позволяя оптимизировать ее под нужды каждого пользователя. Наряду с неопровержимыми преимуществами, связанными с повсеместным распространением светодиодных источников света, выявились и некоторые особенности световой среды, формируемой такими светильниками, в частности, высокая точечная яркость и выраженная коротковолновая, «синяя» составляющая в спектре видимого излучения [1]. Эти особенности явились причиной формирования в международном научном и экспертном сообществе опасений относительно возможных отдаленных неблагоприятных эффектов при длительном воздействии светодиодных источников света на организм человека, особенно в группах населения повышенного риска, и привели не только к разработке некоторых законодательных ограничений на использование светодиодов для освещения помещений, в частности, где организован

образовательный и воспитательный процесс для детей, оказание медицинской помощи детям, но и к активному изучению влияния световой среды, формируемой светодиодами источниками света, на взрослый организм. Распространяемая информация о способности света, генерируемого светодиодными светильниками, оказывать тонизирующее влияние на работоспособность работников, требует дополнительного изучения, направленного на выяснение возможных механизмов такого влияния и подтверждение безопасности и безвредности его воздействия.

В настоящее время известно, что актуальная, т. е. характерная для конкретного индивидуума, находящегося в определенных условиях освещения, световая среда, воспринимаемая органом зрения, благодаря его анатомо-функциональным связям с подкорковыми центрами головного мозга, в частности, супрахиазматическими ядрами гипоталамуса, способна оказывать модулирующее влияние на выраженность реакции организма как на внутренние, так и на внешние раздражители. Показаны ритмические изменения содержания ряда гормонов в периферической крови, биохимических констант гомеостаза и поведенческих реакций при суточных и сезонных колебаниях уровней естественной освещенности. Светодиодные источники света, в силу особенностей спектра своего излучения, также вызывают изменения в деятельности регуляторных систем организма [2]. Именно поэтому выраженность и направленность изменений гормонального фона в условиях длительного пребывания организма в искусственной световой среде требует отдельных модельных исследований, с учетом основных типов светильников по определенным светотехническим характеристикам.

Цель работы — в эксперименте при моделировании световой среды, формируемой светодиодными источниками света с разной коррелированной цветовой температурой (КЦТ), изучить особенности изменения содержания гормонов в сыворотке крови лабораторных животных.

Материалы и методы. Изучение влияния световой среды, формируемой светодиодами источниками света на лабораторных животных, выполнены с применением экспериментальной установки, созданной РУП «Научно-практический центр гигиены» со-

вместно с республиканским научно-производственным унитарным предприятием «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси». Экспериментальная установка состоит из 9 изолированных боксов, каждый из которых представляет собой металлический шкаф, позволяющий разместить в нем одну стандартную клетку для лабораторных животных. Рабочей поверхностью для оценки показателей световой среды внутри каждого бокса была принята условная горизонтальная поверхность, расположенная на высоте 70 мм от дна бокса, на которой обеспечивалась освещенность $200 \text{ лк} \pm 15 \%$ [3, 4]. Исходя из опыта регламентирования требований к спектральному составу световой среды, формируемой искусственными источниками света на рабочих местах и цветности искусственных источников света, приведенных в международных и европейских нормативных правовых актах и нормативно-методических документах, а также аналогичных документах стран ближнего зарубежья, определено, что нормативные требования или рекомендации, касающиеся цветности световой среды на рабочих местах, устанавливаются в диапазоне от 2100 до 6800 К. Для реализации эксперимента были разработаны специализированные светодиодные светильники в количестве 8 штук и проведена модернизация экспериментальной установки, что позволило создать в боксах искусственную световую среду, характеризующуюся теплой (КЦТ 2000 и 2700 К), нейтральной (КЦТ 4000 К) и холодной (КЦТ 5700 и 8000 К) цветностью излучения, включающей пограничные значения (КЦТ 2000 и 8000 К) приемлемого для наблюдателя оттенка белого света [5].

В качестве источников света выбраны светодиоды двух типов (тип I и II) с различными номинальными значениями КЦТ. Светодиоды I типа — это люминофорные светодиоды белого цвета свечения на основе синего кристалла (около 470 нм), преимущественно применяемые в системах освещения рабочих мест Республики Беларусь, светодиоды II типа — люминофорные светодиоды белого цвета свечения на основе фиолетового кристалла (около 405 нм), представляющие более современную технологию светодиодных источников белого света.

Экспериментальная часть работы выполнена на половозрелых самцах нелинейных белых крыс массой 150–220 г, которые содержались в стандартных условиях вивария. Обращение с животными регламентировалось этическими принципам надлежащей лабораторной практики и международными требованиями.

Каждая группа лабораторных животных (контрольная и опытные), состоящая из 7 особей, помещалась в стандартную клетку

для содержания крыс, расположенную на дне боксов.

Для проведения опыта были сформированы следующие группы лабораторных животных: контрольная группа, содержащаяся в боксе с естественным освещением, и восемь опытных групп, подвергавшихся воздействию освещения светодиодных источников различной цветовой температуры, характеристика которых представлена в таблице 1.

Таблица 1 — Характеристика экспериментальных групп лабораторных животных

| Группа сравнения | Тип источника света, примененного для освещения бокса с лабораторными животными | Коррелированная цветовая температура в боксе, К |
|------------------|---|---|
| Контрольная | Естественное освещение | — |
| № 1 | Светодиоды типа I (СД тип I) | 2000 К ± 15 % |
| № 2 | Светодиоды типа I (СД тип I) | 8000 К ± 15 % |
| № 3 | Светодиоды типа I (СД тип I) | 2700 К ± 15 % |
| № 4 | Светодиоды типа I (СД тип I) | 4000 К ± 15 % |
| № 5 | Светодиоды типа I (СД тип I) | 5700 К ± 15 % |
| № 6 | Светодиоды типа II (СД тип II) | 2700 К ± 15 % |
| № 7 | Светодиоды типа II (СД тип II) | 4000 К ± 15 % |
| № 8 | Светодиоды типа II (СД тип II) | 5700 К ± 15 % |

Проведение экспериментального исследования осуществлялось в два этапа.

Этап 1 — адаптация всех лабораторных животных к условиям эксперимента: обычный световой режим вивария (естественное освещение через световые проемы), двери боксов для содержания лабораторных животных контрольной группы оставались открытыми в течение всего периода адаптации. В боксах для содержания экспериментальных групп животных утром двери боксов закрывались на 8 ч рабочего дня, в конце рабочей смены двери боксов открывались до начала смены следующего дня. Животные адаптировались в течение 7 суток первой недели.

Этап 2 — со второй недели эксперимента в боксах задавался соответствующий суточный световой режим. Длительность содержания лабораторных животных в данных экспериментальных условиях составила 28 (подострый эксперимент) и 90 (субхронический эксперимент) суток. По окончании данного этапа эксперимента осуществлялся отбор материала для исследования содержания гормонов (кортизол, трийодтиронин свободный (Т3с), тироксин, прогестерон, тестостерон, эстрадиол, пролактин) в сыворот-

ке крови лабораторных животных. Исследования (измерение изучаемых параметров) проводили методом твердофазного иммуноферментного анализа с помощью коммерческих наборов реагентов.

Для оценки достоверности полученных данных их подвергали статистической обработке общепринятыми методами. Расчеты статистической значимости критериев проверки нулевой гипотезы на соответствие фактического распределения измеренных значений нормальному показали, что уровень статистической значимости (p) для критериев Колмогорова — Смирнова, Колмогорова — Смирнова с поправкой Лиллиефорса и Шапиро — Уилка составил менее 0,05, что свидетельствует о распределении изучаемой выборки, отличающемся от нормального, поэтому количественные значения оцениваемых показателей поведенческих реакций крыс ниже представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха (25%; 75%). При оценке различий между результатами опыта и показателями контроля использовали непараметрический U -критерий Манна — Уитни. Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез

был принят критерий доверительной вероятности $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Изучение содержания гормонов в сыворотке крови по окончании подострого эксперимента показало отсутствие статистически значимых отличий уровня кортизола, пролактина, трийодтиронина свободного и тироксина в сыворотке крови всех групп животных по сравнению с контрольной серией (таблица 2).

У животных группы № 1 (СД тип I, 2000 К), содержащихся в условиях световой среды низкой цветовой температуры, показано снижение содержания эстрадиола на 19,4 % по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$).

Анализ содержания прогестерона в сыворотке крови лабораторных животных выявил существенное снижение его концентрации у крыс, содержащихся в условиях световой среды, сформированной светодиодными светильниками первого типа, характеризующихся высокой цветовой температурой (группа № 2 (СД тип I, 8000 К)) ($p < 0,05$). Для этой группы животных характерно также снижение содержания тестостерона более чем на 35,6 % ($p < 0,05$).

Как следует из данных, представленных в таблице 2, в реализованном подостром эксперименте, изменений содержания исследованных гормонов в сыворотке крови лабораторных животных, содержащихся в условиях световой среды, сформированной светодиодными источниками света типа I и типа II с КЦТ: 2700 К (теплая), 4000 К (средняя) и 5700 К (холодная) не обнаружено.

Анализ же результатов субхронического исследования гормонального статуса лабораторных животных по окончании 90-суточной экспозиции (таблица 3) показал снижение ($p < 0,05$) содержания эстрадиола в сыворотке крови крыс группы № 1 (СД тип I, 2000 К), а также уровня тестостерона у крыс группы № 2 (СД тип I, 8000 К).

Кроме того, было показано снижение содержания кортизола ($p < 0,05$) в сыворотке крови у животных, содержащихся в условиях световой среды, характеризующейся теплой цветностью излучения (группа № 1 (СД тип I, 2000 К), группа № 3 (СД тип I, 2700 К), группа № 6 (СД тип II, 2700 К)). Снижение уровня кортизола ($p < 0,05$) также отмечено в группе белых крыс № 2 (СД тип I, 8000 К),

содержащихся в условиях световой среды с высокой цветовой температурой.

Как свидетельствуют данные таблицы 3, в проведенном субхроническом эксперименте, изменений содержания исследованных гормонов в сыворотке крови лабораторных животных, содержащихся в условиях световой среды, сформированной светодиодными источниками света типа I и типа II с КЦТ 4000 К (средняя) и 5700 К (холодная), не обнаружено.

Закключение. Развитие светодиодных источников света способствует расширению возможностей по формированию световой среды на рабочих местах, соответствующей современным требованиям безопасности, безвредности и эффективности. Одним из важнейших критериев оценки качества световой среды является отсутствие выраженного влияния на физиологические механизмы адаптации.

Особенности анатомо-функциональных связей зрительного анализатора со структурами гипоталамо-гипофизарной системы обеспечивают модулирующее влияние параметров световой среды на функциональную активность различных органов и систем организма, на поддержание ряда констант гомеостаза, определяют периодичность их изменений. Внесение изменений в спектральный состав актуальной световой среды может способствовать существенным перестройкам деятельности регуляторных систем. Выраженные изменения со стороны нейроиммunoэндокринных систем регуляции могут рассматриваться как маркер при оценке искусственной световой среды на рабочих местах с позиций безопасности или безвредности для работников.

Полученные в результате наших исследований данные о содержании ряда гормонов в сыворотке крови лабораторных крыс, находившихся в условиях соответствующего суточного светового режима в подостром (28 дней) и субхроническом (90 дней) эксперименте, свидетельствуют об отсутствии статистически значимых отличий между контролем и группами, содержащимися в условиях световой среды с КЦТ 4000 и 5700 К сформированной светодиодными источниками света I типа — на основе синего кристалла (около 470 нм) и II типа — на основе фиолетового кристалла (около 405 нм).

Таблица 2 — Показатели гормонального статуса самок крыс после 28-суточной экспозиции, Ме (25 %; 75 %)

| Группа сравнения | Кортизол, нмоль/л | Прогестерон, нмоль/л | Пролактин, мМе/л | Тестостерон, нмоль/л | Тригидтиронин свободный, пмоль/л | Эстрадиол, нмоль/л | Тироксин, пмоль/л |
|----------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Контрольная | 29,0 (22,0–38,0) | 7,6 (5,4–8,0) | 10,5 (9,0–12,0) | 29,5 (23,0–42,5) | 5,34 (4,86–5,89) | 0,31 (0,29–0,34) | 34,3 (31,7–35,6) |
| № 1 СД тип I 2000 К | 31,0 (25,0–41,0) | 6,6 (5,0–7,2) | 9,0 (9,0–12,0) | 30,0 (28,5–43,5) | 5,37 (5,29–6,04) | 0,25 (0,25–0,29)* | 34,0 (29,3–36,7) |
| № 2 СД тип I 8000 К | 31,0 (25,0–39,0) | 3,5 (2,1–4,4)* | 10,0 (9,0–11,0) | 19,0 (18,0–20,5)* | 4,85 (4,77–5,13) | 0,36 (0,29–0,39) | 33,0 (31,2–33,9) |
| № 3 СД тип I 2700 К | 32,0 (20,0–43,0) | 4,6 (1,2–8,3) | 10,0 (9,0–10,0) | 25,5 (18,0–28,5) | 5,00 (4,84–5,23) | 0,35 (0,26–0,42) | 36,2 (27,4–36,5) |
| № 4 СД тип I 4000 К | 40,0 (27,0–45,0) | 7,1 (3,0–8,3) | 11,0 (10,0–13,0) | 30,0 (21,0–45,0) | 5,02 (4,49–5,58) | 0,31 (0,27–0,34) | 35,3 (30,6–36,6) |
| № 5 СД тип I 5700 К | 35,0 (30,0–48,0) | 6,2 (3,7–8,3) | 9,0 (7,0–9,0) | 35,0 (26,0–48,0) | 4,96 (4,73–5,33) | 0,30 (0,23–0,34) | 31,7 (27,9–34,5) |
| № 6 СД тип II 2700 К | 32,0 (28,0–38,0) | 7,5 (5,3–9,0) | 10,0 (9,0–12,0) | 29,5 (26,0–43,0) | 5,24 (4,77–6,38) | 0,34 (0,33–0,37) | 31,1 (26,9–35,5) |
| № 7 СД тип II 4000 К | 26,9 (25,8–31,1) | 4,5 (2,0–7,9) | 10,0 (9,0–13,0) | 30,0 (27,5–37,0) | 5,45 (4,48–5,72) | 0,30 (0,28–0,37) | 28,5 (26,3–35,2) |
| № 8 СД тип II 5700 К | 33,0 (29,0–39,0) | 6,2 (3,7–9,1) | 10,0 (9,0–12,0) | 33,5 (29,0–37,0) | 4,87 (4,63–5,19) | 0,30 (0,27–0,32) | 30,7 (28,8–33,8) |

* Статистически значимые различия в сравнении с контрольной группой, $p < 0,05$ ($n = 7$)

Таблица 3 — Показатели гормонального статуса самок крыс после 90-суточной экспозиции, Ме (25 %; 75 %)

| Группа сравнения | Кортизол, нмоль/л | Прогестерон, нмоль/л | Пролактин, мМе/л | Тестостерон, нмоль/л | Тригидтиронин свободный, пмоль/л | Эстрадиол, нмоль/л | Тироксин, пмоль/л |
|----------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Контрольная | 48,0 (35,0–55,0) | 4,2 (2,2–6,2) | 11,0 (10,0–13,0) | 25,3 (20,3–38,2) | 4,65 (4,00–4,93) | 0,44 (0,38–0,68) | 37,4 (33,7–38,3) |
| № 1 СД тип I 2000 К | 29,0 (27,3–36,0)* | 7,3 (2,6–7,5) | 10,0 (9,0–13,0) | 23,0 (12,4–33,8) | 5,36 (4,38–5,69) | 0,14 (0,11–0,16)* | 34,2 (30,4–38,4) |
| № 2 СД тип I 8000 К | 25,0 (21,0–27,0)* | 5,9 (3,0–9,5) | 10,0 (9,0–11,0) | 10,7 (8,7–16,0)* | 3,40 (2,9–6,0) | 0,50 (0,47–0,67) | 37,3 (34,3–42,0) |
| № 3 СД тип I 2700 К | 30,0 (18,0–37,0)* | 8,9 (3,6–9,7) | 10,0 (9,0–11,0) | 28,0 (19,6–33,6) | 4,92 (4,55–5,62) | 0,29 (0,18–0,49) | 34,7 (33,3–37,9) |
| № 4 СД тип I 4000 К | 34,0 (21,0–47,0) | 5,0 (3,0–9,3) | 11,0 (9,0–13,0) | 38,3 (34,7–42,4) | 5,31 (5,04–6,11) | 0,42 (0,27–0,64) | 35,3 (30,8–39,2) |
| № 5 СД тип I 5700 К | 42,0 (39,0–48,0) | 3,9 (2,3–5,6) | 9,0 (7,0–9,0) | 40,1 (28,4–48,8) | 5,01 (4,01–5,90) | 0,41 (0,17–0,56) | 33,6 (32,3–41,0) |
| № 6 СД тип II 2700 К | 34,0 (28,0–40,0)* | 6,7 (4,7–9,3) | 10,0 (9,0–12,0) | 40,5 (28,8–44,9) | 4,69 (4,62–5,34) | 0,43 (0,30–0,54) | 37,2 (34,5–39,0) |
| № 7 СД тип II 4000 К | 41,0 (24,0–46,0) | 5,1 (3,7–5,4) | 10,0 (9,0–12,0) | 38,4 (23,5–46,7) | 4,79 (4,41–6,23) | 0,70 (0,44–0,95) | 36,8 (32,3–39,9) |
| № 8 СД тип II 5700 К | 37,0 (28,0–44,0) | 4,9 (4,7–5,2) | 10,0 (9,9–10,3) | 31,2 (20,5–32,5) | 5,25 (5,17–5,72) | 0,73 (0,41–0,99) | 33,7 (30,8–40,7) |

* Статистически значимые различия в сравнении с контрольной группой, $p < 0,05$ ($n = 7$).

Отмеченное в подостром эксперименте снижение содержания эстрадиола в сыворотке крови крыс группы № 1 (СД тип I, 2000 К), а также тестостерона у крыс группы № 2 (СД тип I, 8000 К) сохранились у животных в субхроническом эксперименте, что позволяет говорить об устойчивых изменениях гормонального статуса у самцов крыс в условиях искусственной световой среды, сформированной в эксперименте. Известно, что содержание половых гормонов в периферической крови величина не постоянная, регулируется гипоталамо-гипофизарной системой и подвержено суточным и сезонным изменениям. Участие актуальной световой среды как фактора синхронизации внутренних биологических ритмов с внешним фотопериодизмом в формировании нейроиммунноэндокринного ответа организма показано в многочисленных публикациях последних лет [6, 7]. Считаем возможным рассматривать устойчивое снижение содержания половых гормонов в условиях нашего исследо-

вания как приспособительную реакцию организма к заданным в эксперименте параметрам световой среды.

Снижение уровня кортизола, отмеченное в проведенном нами субхроническом исследовании, в сыворотке крови у животных, содержащихся в условиях световой среды, характеризующейся теплой цветностью излучения (группа № 1 (СД тип I, 2000 К), группа № 3 (СД тип I, 2700 К), группа № 6 (СД тип II, 2700 К)), с одной стороны, может быть рассмотрено как подтверждение концепции снижения тревожности при воздействии теплого «вечернего» света. С другой стороны, указанное снижение в дальнейшем может способствовать развитию нарушений компенсаторно-приспособительных реакций организма.

Снижение уровня кортизола, отмеченное в группе белых крыс № 2 (СД тип I, 8000 К), содержащихся в условиях световой среды с высокой цветовой температурой, требует дополнительных исследований.

Список цитированных источников

1. Благовестная, Е. И. Влияние синего спектра на здоровье человека / Е. И. Благовестная, Д. А. Энзель // *Modern Science*. — 2020. — № 11–3. — С. 243–245.
2. Cardiovascular disease and lifestyle choices: Spotlight on circadian rhythms and sleep [Electronic resource]. — Mode of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0033062023000105>. — Date of access: 26.05.2023.
3. Устройство моделирования световой среды : пат. ВУ 12250 U / А. Ю. Баслык, В. А. Коноплянко, Е. К. Власенко, С. Л. Итпаева-Людчик, Ю. В. Трофимов, С. И. Лишик, В. И. Цвирко, А. Е. Челябин. — Оpubл. 28.02.2020.
4. Влияние искусственной световой среды на морфофункциональные показатели белых крыс / А. Ю. Баслык [и др.] // *Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены ; под общ. ред. Н. П. Жуковой ; гл. ред. С. И. Сычик*. — Вып. 28. — Минск : РНМБ, 2018. — С. 130–134.
5. Влияние искусственной световой среды на поведенческие реакции белых крыс в эксперименте / А. Ю. Баслык [и др.] // *Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены ; под общ. ред. Н. П. Жуковой ; гл. ред. С. И. Сычик*. — Вып. 31. — Минск : РНМБ, 2021. — С. 118–126.
6. Световой десинхроноз и гормоны щитовидной железы / Е. Г. Батоцыренова [и др.] // *Детская медицина Северо-Запада*. — 2020. — Т. 8, № 1. — С. 52–53.
7. Циркадианные колебания уровня тестостерона в плазме крови половозрелых самцов крыс / А. А. Матичин [и др.] // *Лабораторные животные для научных исследований*. — 2020. — № 2. — С. 36–42.

Leds as a modulator of the hormonal profile of male white rats in the experiment

Konoplyanko V. A., Baslyk A. Y., Hrynychak V. A., Itpayeva-Liudchyyk S. L.

Scientific practical centre of hygiene, Minsk, Republic of Belarus

The article presents the results of studies of some hormones content in the blood serum of laboratory animals under modeling a light environment formed by LEDs with different correlated color temperatures in an experimental setup designed to research of impact of artificial light sources

with specified parameters on laboratory animals. Changes in the laboratory rats blood serum concentrations of estradiol, progesterone and testosterone kept for 28 days in an artificial light environment formed by LEDs were determined. At the end of the experiment with a 90-day exposure to LED lighting, changes in the content of estradiol, testosterone and cortisol in the blood serum of rats were revealed.

Keywords: LED, light source, light environment, correlated color temperature, laboratory animals, hormones.

Поступила 12.07.2023