



Рагозин О.Н.^{1,2}, Шаламова Е.Ю.¹, Погонышева И.А.², Кудяшева В.П.³,
Погонышев А.Д.⁴

Показатели стресс-реализующих и стресс-лимитирующих механизмов у молодых людей в условиях асимметричного фотопериода северного региона

¹БУ ВО ХМАО – Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», 628011, Ханты-Мансийск, Россия;

²ФГБОУ ВО «Нижевартовский государственный университет», 628605, Нижневартовск, Россия;

³ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 454092, Челябинск, Россия;

⁴ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 625023, Тюмень, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Проживание на северных территориях связано с хроническим стрессом. Стрессорами являются такие природно-климатические факторы, как длительный период низких температур, сильные ветра, выраженная динамика атмосферного давления, изменённый световой режим. В развитии стрессовой реакции различают стресс-реализующие и стресс-лимитирующие системы, динамика которых позволяет оценить наибольший риск для организма при негативном воздействии экстремальных факторов среды и своевременно принять профилактические меры.

Материалы и методы. У студентов северного вуза в условиях короткого (декабрь) и длинного (май) светового дня исследованы компоненты стресс-реализующих и стресс-лимитирующих систем. Методом иммуноферментного анализа оценена секреция мелатонина по концентрации 6-сульфатоксимелатонина в моче, по показателям вариабельности ритма сердца изучена вегетативная регуляция ритма сердца, исследована тревожность по шкале оценки уровня ситуативной (реактивной) и личностной тревожности Ч.Д. Спилбергера (адаптация Ю.Л. Ханина).

Результаты. Выявлена динамика концентрации 6-сульфатоксимелатонина в моче: в мужской и женской группах показатель снижается от декабря к маю. В условиях длинного светового дня у студенток снижались ситуативная и личностная тревожность, тогда как уровень тревожности юношей был относительно постоянным. Установлено, что весной у девушек ослабевали парасимпатические влияния при сохранении симпатической активности. Продолжительность светового дня не влияла на спектральные характеристики в мужской группе.

Ограничения исследования. Лица мужского и женского пола, обучающиеся в высшей школе северного региона.

Заключение. Обнаружены межполовые различия реализации механизмов стресс-реализующих и стресс-лимитирующих систем при критическом нарушении паритета светлого и тёмного времени суток. Фотопериод Севера необходимо рассматривать в гигиеническом аспекте для профилактики ухудшения здоровья населения из-за снижения активности ряда стресс-лимитирующих механизмов. Риск нарушения хроноструктуры функций повышается при значительном преобладании светлого времени суток над тёмным; вероятность формирования экзогенного десинхронизма возрастает поздней весной и в начале лета. Необходимо расширять знания населения о роли мелатонина в функционировании организма и гигиенических способах коррекции его уровня в условиях асимметричного фотопериода Севера.

Ключевые слова: Север; мелатонин; личностная тревожность; ситуативная тревожность; вариабельность ритма сердца

Соблюдение этических стандартов. Исследование проведено в соответствии с этическими и правовыми стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki). Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Нижевартовский государственный университет» (протокол № 1 от 12.09.2022 г.). Респонденты предоставили информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании и публикацию персональной информации в обезличенной форме.

Для цитирования: Рагозин О.Н., Шаламова Е.Ю., Погонышева И.А., Кудяшева В.П., Погонышев А.Д. Показатели стресс-реализующих и стресс-лимитирующих механизмов у молодых людей в условиях асимметричного фотопериода северного региона. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(2): 220–226. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-2-220-226> <https://elibrary.ru/jclobv>

Для корреспонденции: Погонышева Ирина Александровна, e-mail: severina.i@bk.ru

Участие авторов: Рагозин О.Н. – концепция исследования, редактирование; Шаламова Е.Ю., Погонышева И.А. – дизайн исследования, сбор первичного материала, написание текста, редактирование; Кудяшева В.П., Погонышев А.Д. – подготовка первичных данных для статистической обработки, статистическая обработка и анализ результатов. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда и Правительства ХМАО – Югры № 22-15-20023.

Поступила: 02.05.2024 / Поступила после доработки: 27.05.2024 / Принята к печати: 02.10.2024 / Опубликовано: 07.03.2025

Oleg N. Ragozin^{1,2}, Elena Yu. Shalamova¹, Irina A. Pogonysheva², Varvara P. Kudyasheva³, Andrey D. Pogonyшев⁴

Indicators of stress-realizing and stress-limiting mechanisms in young people under conditions of asymmetric photoperiod of the northern region

¹Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, 628011, Russian Federation;

²Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, 628605, Russian Federation;

³South Ural State Medical University, Chelyabinsk, 454092, Russian Federation;

⁴Tyumen State Medical University, Tyumen, 625023, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Living in the northern territories is associated with chronic stress. The stressors are the natural climatic factors of the north: a long period of low temperatures, strong winds, pronounced dynamics of atmospheric pressure, altered photoperiod. In the development of a stress response, stress-realizing and stress-limiting systems are distinguished. Their dynamics make it possible to assess when the body is most vulnerable to the adverse effects of extreme environmental factors to take preventive measures in a timely manner.

Materials and methods. The components of stress-realizing and stress-limiting systems were studied in students of a northern university under conditions of short (December) and long (May) daylight hours. The secretion of melatonin was assessed using the enzyme immunoassay method based on the concentration of 6-sulfatoxymelatonin in urine, the autonomic regulation of heart rhythm was studied using indicators of heart rate variability, and anxiety was studied using the Spielberger's scale for assessing the level of state (reactive) and trait anxiety (adapted by Yu. L. Khanin).

Results. There was revealed the trend in the concentration of 6-sulfatoxymelatonin in urine: in the male and female groups the indicator decreases from December to May. In conditions of long daylight hours, state (reactive) and trait anxiety among female students decreased, while the level of anxiety among male students remained more stable. In Spring the young women's parasympathetic influences was found to weaken, while sympathetic activity remained. In the male group, the length of daylight didn't affect the spectral characteristics.

Limitations. Male and female higher education students in the northern region.

Conclusion. Intersexual features of the implementation of mechanisms of stress-realizing and stress-limiting systems were discovered during a critical violation of the parity of light and dark time of day. The photoperiod of the north must be considered from a hygienic aspect, to prevent deterioration in public health due to a decrease in the activity of a number of stress-limiting mechanisms. The risk of disruption of the functions chronosystem elevates with increasing predominance of daylight hours over darkness; the probability of the formation of exogenous desynchronization increases in late Spring – early Summer. It is necessary to increase public awareness regarding the role of melatonin in the functioning of the body and hygienic ways to correct its level in the conditions of the asymmetric photoperiod of the north.

Keywords: north; melatonin; trait anxiety; state anxiety; heart rate variability

Compliance with ethical standards. The study was conducted in accordance with the ethical and legal standards set out in the World Medical Association Declaration of Helsinki. Respondents gave informed, voluntary written consent to participate in the study and publish personal information in anonymized form. The study was approved by the local ethics committee of the Nizhnevartovsk State University (Protocol No. 1 dated September 12, 2022).

For citation: Ragozin O.N., Shalamova E.Yu., Pogonysheva I.A., Kudyasheva V.P., Pogonyшев A.D. Indicators of stress-realizing and stress-limiting mechanisms in young people under conditions of asymmetric photoperiod of the northern region. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2025; 104(2): 220–226. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-2-220-226> <https://elibrary.ru/jclobv> (In Russ.)

For correspondence: Irina A. Pogonysheva, e-mail: severina.i@bk.ru

Contribution: Ragozin O.N. – research concept, editing; Shalamova E.Yu., Pogonysheva I.A. – research design, collection of primary materials, text writing, editing; Kudyasheva V.P., Pogonyшев A.D. – preparation of primary data for statistical processing, statistical processing and analysis of results. All co-authors – approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The study was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation and the Government of Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra No. 22-15-20023.

Received: May 2, 2024 / Revised: May 27, 2024 / Accepted: October 2, 2024 / Published: March 7, 2025

Введение

Проживание на северных территориях связано с хроническим стрессом. Стрессорами являются такие природно-климатические факторы, как длительный период низких температур, сильные ветра, выраженная динамика атмосферного давления, изменённый световой режим [1]. Асимметричный фотопериод Севера может десинхронизировать биоритмы организма. Световой десинхроноз выступает фактором риска нейроэндокринной патологии, может вызывать нарушения в разных системах органов [2], стать одной из причин артериальной гипертензии (АГ) и других болезней системы кровообращения (БСК) у пришлого населения Севера [3]. Влияние природной среды зачастую усугубляется социальными стрессорами. Общеизвестна негативная роль стресса в формировании кардиоваскулярной патологии [4, 5]; риск БСК ассоциирован с тревогой [6].

В развитии стрессовой реакции различают стресс-реализующие и стресс-лимитирующие системы. Звеном антистрессовой защиты организма является мелатонин [7]: этот гормон снижает активность стресс-реализующей системы. Асимметричный фотопериод высоких северных широт характеризуется критически коротким светлым временем суток в дни «биологической тьмы» и «световым загрязнением» в пору белых ночей. Такие крайние значения фотопериода приводят к нарушению продукции эпифизом серотонина и мелатонина, из-за чего страдает хроноструктура функций организма, в том числе сердечно-сосудистой системы (ССС). Со снижением секреции мелатонина связывают истощение компенсаторных возможностей организма [8]. Уменьшение выработки мелатонина повышает риск развития депрессивных расстройств [9].

Предположительно, при формировании АГ в сыворотке крови изменяется соотношение «серотонин – мелатонин»:

концентрация первого растёт, второго — снижается [10]. Эти изменения связывают с признаками возрастных перестроек и рассматривают в качестве маркёров раннего сосудистого старения, характерного для АГ; они играют важную диагностическую и прогностическую роль. Многие патологии системы кровообращения и желудочно-кишечного тракта имеют сезонный характер, что связано с выраженной динамикой секреции мелатонина [3, 11].

Установление времени года, когда организм человека оказывается наиболее уязвимым к негативному воздействию экстремальных факторов окружающей среды, представляется важным для предупреждения болезней и сохранения здоровья населения, проживающего в условиях Севера. Изучение сезонной динамики стресс-реализующих и стресс-лимитирующих механизмов будет способствовать выявлению закономерностей изменения функционального состояния человека в течение года с учётом пола. Исследования в данной области позволят предупреждать развитие неблагоприятных изменений здоровья населения северных территорий, разрабатывать меры своевременной и адресной профилактики на основе дифференцированного подхода.

Цель исследования — оценить показатели стресс-реализующих и стресс-лимитирующих систем у обучающихся северного региона при разной продолжительности светового дня для прогнозирования функционального состояния организма.

Материалы и методы

Обследованы студенты I—III курсов лечебного факультета Ханты-Мансийской государственной медицинской академии (Ханты-Мансийский автономный округ — Югра) мужского ($n = 25$) и женского ($n = 25$) пола в возрасте от 18 до 22 лет. Лица, принявшие участие в исследовании, являлись адаптантами 1-го и 2-го поколений.

Вначале исследовали показатели в условиях короткого светового дня (декабрь 2022 г.) (этап 1). Затем были получены данные при длинном световом дне (май 2023 г.), так как в июне проходит экзаменационная сессия (этап 2). На этапах 1 и 2 показатели были определены до начала экзаменационной сессии. Были исследованы концентрация 6-сульфатоксимелатонина (6-COMT) в утренней порции мочи, параметры variability ритма сердца (BPC), уровень ситуативной (реактивной) (СТ) и личностной (ЛТ) тревожности. Из утренней порции мочи (характеризует максимальный уровень секреции мелатонина в течение суток) отбирали пробы по 3 мл, замораживали и хранили до лабораторного исследования при температуре минус 80 °С. Концентрацию 6-COMT (нг/мл) исследовали методом иммуноферментного анализа (ИФА) в биологических жидкостях (БелкиАнтитела.РФ, Blue Gene Biotech, Китай) при помощи тест-наборов для определения 6-сульфатоксимелатонина (MT6s).

Для изучения параметров BPC применили пульсоксиметр ЭЛОКС-01М (ЗАО Инженерно-медицинский центр «Новые Приборы», Россия) и программу ELOGRAPH, которая отображает показатели в режиме реального времени и строит гистограммы распределения длительности кардиоинтервалов. Данная модель пульсоксиметра реализует технологию OXI-HRV, позволяющую наряду с определением SpO_2 и пульса фиксировать показатели variability ритма сердца посредством кардиоинтервалографической обработки сигнала датчика [12]. Исследование проводили в учебные дни с обычным уровнем двигательной активности студентов в период с 09:00 до 16:00, следуя методическим рекомендациям для короткой записи BPC. Регистрация показателей проводилась фотооптическим датчиком в течение 5 мин в отдельной комнате в стандартных условиях: положение сидя, в условиях покоя, при ровном дыхании (без глубоких вдохов и кашля), без сглатывания [13]. Оценили параметры спектрального анализа BPC: высокочастотный (HF), низкочастотный (LF) и очень низкочастотный (VLF) спектральные компоненты (mc^2), суммарную

мощность спектра (TP, mc^2). Был вычислен относительный вклад HF и LF (%) в суммарную мощность спектра [HF+LF] (LF norm, %; HF norm, %), индекс вагосимпатического равновесия LF/HF (усл. ед.). Диапазон значений $0,9 < LF/HF < 1,1$ усл. ед. соответствует вегетативному балансу; величины $LF/HF > 1,1$ усл. ед. демонстрируют преобладание симпатических влияний, при $LF/HF < 0,9$ усл. ед. выше парасимпатическая активность [14].

Показатели СТ и ЛТ выявили по опроснику Ч.Д. Спилберга (в адаптации Ю.Л. Ханина). Минимальная и максимальная суммы составляют соответственно 20 и 80 баллов. При низком уровне тревожности сумма не превышает 30 баллов, количество баллов от 31 до 45 соответствует умеренной тревожности, более 46 баллов — высокой [15].

Критерием исключения из исследования служили диагностированные патологии сердечно-сосудистой, дыхательной, эндокринной систем, острые воспалительные реакции в момент обследования, занятия спортом.

Тип исследования — продольное, способ создания выборки — нерандомизированный. Статистическая обработка выполнена с помощью статистических пакетов с использованием программы Excel 2010. Данные представлены в виде M (среднее арифметическое), Me (медиана), Q_{25} — Q_{75} (межквартильный размах). Для сравнительного анализа применили критерий для зависимых выборок Sign Test. Различия считали достоверными при $p \leq 0,05$ [16].

Результаты

Исследовали отдельные показатели стресс-лимитирующих и стресс-реализующих систем в условиях асимметричного фотопериода у студентов мужского и женского полов, обучающихся в вузе северного региона. Результаты описательной статистики и сравнительного анализа приведены в таблице.

В группе студентов наблюдали выраженные отличия исследуемых параметров стресс-реализующих и стресс-лимитирующих систем в зависимости от продолжительности светового дня.

В условиях длинного светового дня происходило статистически значимое снижение концентрации 6-COMT в утренней порции мочи ($p = 0,016$). Снижался уровень СТ ($p = 0,016$) и ЛТ ($p = 0,029$), однако средние характеристики этих показателей сохранялись в границах умеренной тревожности, как и в период короткого светового дня. На этапах 1 и 2 высокий уровень СТ демонстрировали не менее 25% обследованных девушек. Показатели ЛТ были более высокими: не менее половины студенток показали высокий уровень.

Длительность сердечного цикла является совокупным результатом реализации различных контуров регуляции работы сердца. Вегетативные регуляторные влияния можно оценить по параметрам BPC. В мае (длинный световой день) в сравнении с декабрём (короткий световой день) у девушек происходило достоверное снижение длительности сердечного цикла ($p = 0,005$) и определялась выраженная тенденция к увеличению ЧСС ($p = 0,095$). Из компонентов спектра статистически значимо изменился высокочастотный: в условиях длинного светового дня парасимпатические влияния ослабевали ($p = 0,001$). Вклад низкочастотных и очень низкочастотных спектральных компонентов значимо не изменялся. Весной также произошло снижение суммарной мощности спектра ($p = 0,005$). Согласно средним характеристикам относительного вклада высокочастотного и низкочастотного компонентов спектра и индекса вагосимпатического равновесия, в оба сезона в женской группе преобладали симпатические влияния. В условиях короткого светового дня не менее 25% девушек демонстрировали преобладание парасимпатических влияний значения LF/HF (усл. ед.), а в мае их доля снизилась. Таким образом, в женской группе были обнаружены достоверные изменения вегетативного статуса при разной длительности светового дня: весной вклад парасимпатического отдела ВНС снижился.

Параметры стресс-реализующих и стресс-лимитирующих систем в условиях асимметричного фотопериода у девушек и юношей – студентов северного вуза, *M/Me* (Q_{25} – Q_{75})

Parameters of stress-realizing and stress-limiting systems under conditions of asymmetric photoperiod among female and male students at a northern university, *M/Me* (Q_{25} – Q_{75})

Показатель Indicators	Девушки / Females (<i>n</i> = 25)			Юноши / Males (<i>n</i> = 25)		
	Короткий световой день (декабрь)	Длинный световой день (май)	<i>p</i>	Короткий световой день (декабрь)	Длинный световой день (май)	<i>p</i>
	Short light hours day (December)	Long light hours day (May)		Short light hours day (December)	Long light hours day (May)	
6-COMT, нг/мл 6-SMT, ng/ml	25.64/22.28 (16.98–33.51)	14.60/13.7 (10.0–18.5)	0.016	34.00/29.5 (21.4–41.1)	23.30/17.9 (14.8–23.6)	0.046
СТ, балл SA, score	42.04/39.0 (32.0–47.0)	38.48/37.0 (31.0–46.0)	0.016	36.60/38.0 (32.0–40.0)	37.08/35.0 (32.0–43.0)	0.540
ЛТ, балл TA, score	46.60/46.0 (38.0–52.0)	43.48/46.0 (35.0–50.0)	0.029	39.24/38.0 (36.0–43.0)	40.96/40.0 (36.0–46.0)	0.677
R-R, мс ms	777.08/751.0 (702.0–838.0)	733.28/728.0 (677.0–805.0)	0.005	774.00/729.0 (690.0–821.0)	767.40/745.0 (695.0–825.0)	1.000
ЧСС, уд. в 1 мин HR, bpm	77.80/79.0 (71.0–84.0)	81.80/81.0 (73.0–88.0)	0.095	78.80/83.0 (72.0–87.0)	79.20/79.0 (72.0–86.0)	0.831
VLF, мс ² ms ²	2093.64/1922.0 (882.0–2710.0)	1641.68/1402.0 (943.0–1925.0)	1.000	2654.72/1998.0 (761.0–3524.0)	3188.92/3272.0 (1048.0–4637.0)	0.230
LF, мс ² ms ²	2889.92/2148.0 (1605.0–3390.0)	2196.00/1480.0 (988.0–2321.0)	0.230	4269.04/3059.0 (1758.0–6121.0)	4427.12/2854.0 (1671.0–6018.0)	1.000
HF, мс ² ms ²	2807.80/2133.0 (1399.0–3256.0)	1473.08/944.0 (710.0–1593.0)	0.001	2230.16/1347.0 (824.0–3069.0)	2289.92/1413.0 (822.0–3179.0)	0.424
TP, мс ² ms ²	7791.28/6931.0 (4996.0–8743.0)	5310.60/3861.0 (2699.0–5878.0)	0.005	9154.04/8503.0 (3881.0–12819.0)	9905.88/8810.0 (5005.0–11908.0)	1.000
LFnorm, %	51.80/52.0 (39.0–62.0)	59.36/59.0 (52.0–70.0)	0.307	66.00/66.0 (56.0–81.0)	66.68/67.0 (53.0–83.0)	1.000
HFnorm, %	48.20/48.0 (38.0–61.0)	40.64/41.0 (30.0–48.0)	0.307	34.00/34.0 (19.0–44.0)	33.32/33.0 (17.0–47.0)	1.000
LF/HF, усл. ед. LF/HF, conv. units	1.54/1.17 (0.65–1.90)	1.85/1.57 (1.19–2.29)	0.307	2.95/1.95 (1.29–4.29)	3.21/2.13 (1.31–5.20)	1.000

Примечание. *p* – Sign Test (полужирным шрифтом выделены различия, достигающие статистической значимости); 6-COMT – 6-сульфатоксимелатонин; СТ – ситуативная (реактивная) тревожность; ЛТ – личностная тревожность.

Note: *p* – Sign Test (differences that reach statistical significance are shown in bold); 6-SMT – 6-sulfatoxymelatonin; SA – state (reactive) anxiety; TA – trait anxiety.

В мужской группе в условиях длинного светового дня в сравнении с «биологическими сумерками» также происходило статистически значимое снижение концентрации 6-COMT в утренней порции мочи ($p = 0,046$).

Показатели СТ и ЛТ у юношей были стабильными, и на этапах исследования 1 и 2 средние характеристики не выходили за границы значений, соответствующих умеренной тревожности.

Величина ЧСС, длительность сердечного цикла и спектральные характеристики не зависели от продолжительности светового дня, индекс вагосимпатического равновесия также не показал значимых изменений. Показатели *M/Me* и Q_{25} – Q_{75} , LFnorm %, HFnorm % и LF/HF (усл. ед.) на этапах 1 и 2 соответствовали преобладанию симпатических влияний на сердце.

Обсуждение

Мелатонин является компонентом механизмов адаптации и антистрессовой защиты организма [7], выступает в роли антиоксиданта и адаптогена [17]. Этот гормон рассматривается как стресс-лимитирующий фактор, поскольку снижает активность стресс-реализующих систем.

Согласно результатам метаанализа, выполненного W. Braam и K. Spruyt [18], у лиц женского пола в возрасте 10–20 лет нормальными величинами концентрации

6-COMT являются $44,7 \pm 22,7$ нг/мл ($M \pm SD$), у лиц мужского пола – $39,3 \pm 26,1$ нг/мл. К 20–30 годам происходит снижение: у женщин до $22,6 \pm 12$ нг/мл, у мужчин – до $30,3 \pm 37,3$ нг/мл [18]. В нашем исследовании в женской группе значения медианы, сопоставимые с приведёнными выше, определили в условиях короткого светового дня: в мае не менее 75% обследованных девушек имели более низкие показатели концентрации 6-COMT в утренней порции мочи. В мужской группе к нормальным средним значениям также приближались показатели *M/Me* концентрации 6-COMT, полученные в декабре. Таким образом, в группах студентов обоего пола в условиях длинного светового дня наблюдали негативные тенденции в реализации механизмов адаптации, связанные со снижением секреции мелатонина как компонента стресс-лимитирующих систем. Выявленная динамика характеризует «световое загрязнение» как фактор, усиливающий напряжение механизмов адаптации и повышающий уровень стресса. Снижение ночного уровня мелатонина в моче является признаком формирования внутреннего десинхрониза при снижении активности стресс-лимитирующей системы [19]. Таким образом, в высоких северных широтах риск нарушения хроноструктуры функций организма повышается по мере критического увеличения преобладания светлого времени суток над тёмным, что делает период поздней весны и начала лета физиологически более дискомфортным для населения.

Активация стресс-реализующих систем сопровождается повышением тревожности, тогда как рост стресс-лимитирующих влияний сочетается со снижением СТ и ЛТ. В исследованиях А.В. Будневского и соавт. установлено, что низкий уровень мелатонина сульфата в моче коррелировал с высоким уровнем ситуативной и личностной тревожности [20]. Однако в нашем исследовании в условиях длинного светового дня у студенток наряду с негативной тенденцией к снижению секреции мелатонина выявлено понижение уровня СТ и ЛТ. При этом в группе юношей таких благоприятных психологических изменений не наблюдалось, и уровень их тревожности оставался более стабильным. На 1-м и 2-м этапах исследования высокий уровень СТ показали не менее 25% обследованных девушек, а ЛТ — не менее половины. В мужской группе уровень СТ и ЛТ был достаточно стабильным, средние характеристики в декабре и мае не выходили за границы значений, соответствующих умеренной тревожности. Для женской части населения характерна большая доля лиц с негативным психоэмоциональным состоянием, в том числе тревожностью [6], что авторы связывают с физиологическими и психологическими особенностями. Выявленное в нашем исследовании снижение уровня СТ и ЛТ на этапе 2 показало наличие у девушек определённых психологических резервов, которые у юношей реализуются, вероятно, независимо от экзогенных влияний (в исследовании — светового режима).

Количественным критерием оценки активности стресс-реализующих механизмов могут служить показатели ВРС [21]. По вкладу в регуляцию ритма сердца можно оценить уровень и соотношение активности отделов ВНС. Высокий уровень тревожности может оказать влияние на состояние вегетативной регуляции, вызывая дезорганизацию механизмов адаптации [22]. Разнонаправленные в зависимости от уровня ЛТ вегетативные реакции были выявлены у подростков [23]. В активности отделов ВНС обнаруживаются различия, связанные с половой принадлежностью и проживанием в условиях города и села: худшие показатели функционального состояния были у городских девушек [24].

Симпатический отдел вегетативной нервной системы (ВНС) относят к стресс-реализующим механизмам, парасимпатический отдел — к стресс-лимитирующим. Укорочение тёмного времени суток привело к уменьшению парасимпатической активности у девушек на фоне прежнего уровня симпатических влияний. По величинам относительного вклада высокочастотного и низкочастотного компонентов спектра и значениям индекса вагосимпатического равновесия на этапе 1 и 2 у студенток преобладала симпатическая активность. Индекс LF/HF (усл. ед.) в условиях короткого светового дня демонстрирует преобладание парасимпатических влияний как минимум у 25% девушек, тогда как при критическом удлинении светлого времени суток их доля уменьшается.

Продолжительность светового дня не влияла на спектральные характеристики и величину индекса вагосимпатического равновесия в мужской группе. При критически коротком и длинном световом дне значения M/Me и $Q_{25}-Q_{75}$ таких параметров, как $HF_{norm}(\%)$ и $LF_{norm}(\%)$, демонстрировали меньший вклад парасимпатических влияний в регуляцию ритма сердца; значения LF/HF (усл. ед.) соответствовали преобладанию симпатических влияний.

Ограничения исследования. Лица мужского и женского пола, обучающиеся в высшей школе северного региона.

Заключение

Результаты исследования подтверждают необходимость рассматривать естественный световой режим северных территорий в гигиеническом аспекте с целью предупреждения ухудшения состояния здоровья населения

Севера из-за снижения активности стресс-лимитирующих механизмов, формирования десинхроноза, индуцированного асимметричным фотопериодом. Полученные данные позволяют говорить о межполовых различиях в реализации механизмов стресс-реализующих и стресс-лимитирующих систем в условиях критического нарушения паритета светлого и тёмного времени суток. В женской группе были установлены выраженные изменения уровня ситуативной и личностной тревожности и вегетативного статуса в условиях длинного светового дня: в мае снижалась тревожность и уменьшалась парасимпатическая активность. Следовательно, от первого этапа ко второму у девушек произошли разнонаправленные изменения компонентов стресс-лимитирующих механизмов: снижение парасимпатических влияний сопровождается усилением стресса, а уменьшение тревожности свидетельствует о его снижении. Иными словами, в условиях длинного светового дня девушки физиологически чувствовали себя хуже, а психологически лучше. Показатели тревожности и вегетативного статуса студентов мужского пола были более стабильными: статистически значимых различий и даже выраженной тенденции к ним не выявлено на первом и втором этапах исследования. При критическом укорочении тёмного времени суток в обеих группах произошло снижение секреции мелатонина.

Таким образом, в высоких северных широтах риск нарушения хроноструктуры функций организма повышается при выраженном преобладании светлого времени суток над тёмным, и вероятность формирования экзогенного десинхроноза возрастает поздней весной и в начале лета. Динамика стресс-реализующих и стресс-лимитирующих механизмов различна в зависимости от пола. В мужской и женской группах диапазон показателей 6-COMT в моче в период «биологической тьмы» оказался шире, чем при «световом загрязнении», что может свидетельствовать о влиянии организации жизнедеятельности на секрецию мелатонина. Предположительно, дефицит освещённости преодолеть легче, чем её избыток. Это подтверждается и результатами анализа электрофизиологических свойств миокарда, полученными нами ранее [25].

Результаты проведённого исследования показали необходимость широкого информирования населения северных территорий о роли мелатонина в функционировании организма и способах поведенческой коррекции его секреции при крайних значениях асимметричного фотопериода. Это позволит сохранить хроноструктуру функций, будет способствовать профилактике десинхронозов функциональных систем и последствий стресса для сердечно-сосудистой системы. Так, в период «биологической тьмы» для жилых и рабочих помещений и мест общего пользования на северных территориях следует рекомендовать к использованию лампы, имеющие близкие к солнечному свету характеристики по спектру, интенсивности и цветопередаче. Напротив, в весенне-летнее время, когда имеет место «световое загрязнение», для повышения качества ночного отдыха и полноценного сна рекомендуется использовать плотные светонепроницаемые шторы или жалюзи. Процесс секреции мелатонина чувствителен даже к слабому свету и нарушается, если в ночное время остаётся включённым компьютер, горит ночник [26], в связи с чем могут быть рекомендованы мягкие очки-маска для сна. К факторам, положительно влияющим на циркадианный ритм секреции мелатонина и его концентрацию в организме, относят активацию проприоцептивной сенсорной системы при двигательной активности, функциональное питание и циркадианные очки с излучателями, генерирующими световые волны с пиковой длиной в диапазоне от 480 ± 5 до 490 ± 10 нм [7]. В условиях Севера соблюдение гигиенических требований к освещённости особенно важно в учреждениях медицинской реабилитации, санаториях, профилакториях и домах отдыха.

Литература

- Гудков А.Б., Попова О.Н., Лукманова Н.Б. Эколого-физиологическая характеристика климатических факторов Севера. Обзор литературы. *Экология человека*. 2012; (1): 12–7. <https://elibrary.ru/osklrj>
- Злобина О.В., Москвина А.О., Иванов А.Н., Бугаева И.О. Функциональная активность звеньев стресс-реализующей и стресс-лимитирующей систем в условиях светового десинхрониза. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2021; 107(3): 312–20. <https://doi.org/10.31857/S0869813921030109> <https://elibrary.ru/jmsskn>
- Ветошкин А.С., Шуркевич Н.П., Гапон Л.И., Губин Д.Г., Симонян А.А., Пошинов Ф.А. Роль ритма природной освещенности в формировании десинхрониза в условиях заполярной вахты. *Сибирский медицинский журнал*. 2019; 34(4): 91–100. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2019-34-4-91-100> <https://elibrary.ru/mdsepz>
- Шаповалова Э.Б., Максимов С.А., Индукаева Е.В., Артамонова Г.В. Ассоциация стресса с сердечно-сосудистыми заболеваниями и факторами риска в популяции (ЭССЕ-РФ в Кемеровской области). *Российский кардиологический журнал*. 2019; 24(9): 7–13. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-9-7-13> <https://elibrary.ru/xhgvqc>
- Великанов А.А., Столжарова А.А., Левашкевич Ю.Л., Круглова Н.Е. Проблема стресса при ишемической болезни сердца в связи с задачами психологической реабилитации: обзор литературы. *Вестник психотерапии*. 2021; (78): 36–51. <https://elibrary.ru/xcjqrj>
- Акимова Е.В., Каюмова М.М., Бессонова М.И. Психосоциальные факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний в женских популяциях с позиции исследований тревоги. *Профилактическая медицина*. 2022; 25(7): 100–5. <https://doi.org/10.17116/profmed20225071100> <https://elibrary.ru/fystqz>
- Романчук Н.П., Пятин В.Ф. Мелатонин: нейрофизиологические и нейроэндокринные аспекты. *Бюллетень науки и практики*. 2019; 5(7): 71–85. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/44/08> <https://elibrary.ru/ppubam>
- Дударев А.А., Горбанев С.А., Фридман К.Б. Сотрудничество ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» в рамках международных проектов в области гигиены окружающей среды Арктики. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(7): 601–6. <https://elibrary.ru/zfbybs>
- Джериева И.С., Рапопорт С.И., Волкова Н.И., Фоменко А.И., Трофимова Е.А., Ильина А.В. Соотношение концентрации 6-гидроксимелатонин-сульфата (6-COMT) в моче и психоэмоционального статуса. *Журнал научных статей о здоровье и образовании в XXI веке*. 2014; 16(3): 64–5. <https://elibrary.ru/rzuzhf>
- Ревенко Н.А., Каладзе Н.Н., Алешина О.К. Взаимосвязь уровня серотонин/мелатонин как биоритмологический механизм реабилитации детей с артериальной гипертензией. *Вестник физиотерапии и курортологии*. 2020; 26(2): 20–5. <https://elibrary.ru/iizowa>
- Беспятых А.Ю. *Мелатонин: теория и практика*. М.: Медпрактика-М; 2009. <https://elibrary.ru/qkxsedn>
- Руководство по эксплуатации «Пульсоксиметр ЭЛОКС-01». Самара; 2014.
- Сафонова В.Р., Шаламова Е.Ю. Параметры вариабельности сердечного ритма студентов северного медицинского вуза при экзаменационном стрессе. *Экология человека*. 2013; (8): 11–6. <https://elibrary.ru/rahiwf>
- Королева М.А., Воронин И.М. Оценка вегетативной регуляции сердечного ритма после интенсивного светового воздействия у здоровых молодых людей. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*. 2014; (23): 90–8. <https://elibrary.ru/thqgqx>
- Будук-оол Л.К. Особенности нейродинамических реакций и агрессивности у тувинских студентов с различным уровнем личностной тревожности. *Психология. Психофизиология*. 2021; 14(3): 99–107. <https://elibrary.ru/kgfqpc>
- Бюль А., Шефель П. *SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей*. Пер. с нем. СПб.: ДиаСофт; 2005.
- Бурчаков Д.И. Суточный ритм секреции и метаболические эффекты мелатонина. *Ожирение и метаболизм*. 2015; 12(1): 46–51. <https://doi.org/10.14341/OMET2015146-51> <https://elibrary.ru/tqnqxl>
- Braam W., Spruyt K. Reference intervals for 6-sulfatoxymelatonin in urine: A meta-analysis. *Sleep Med. Rev.* 2022; 63: 101614. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2022.101614>
- Каладзе Н.Н., Ревенко Н.А., Мельцева Е.М., Дусалева Т.М. Влияние электростимуляции на динамику биоритмологической активности гормонов адаптации у детей с артериальной гипертензией в процессе санаторно-курортного лечения. *Вестник восстановительной медицины*. 2017; (3): 46–50. <https://elibrary.ru/wnrflm>
- Будневский А.В., Резова Н.В., Кожевникова С.А. Прогностическая роль мелатонина в оценке клинического течения артериальной гипертензии. *Наука молодых (Eruditio Juvenium)*. 2020; 8(4): 549–54. <https://doi.org/10.23888/HMJ202084549-554> <https://elibrary.ru/uepygx>
- Арабзод С.Н., Шукуров Ф.А. Активность стресс-реализующей системы у студентов в процессе их обучения. *Вестник Академии медицинских наук Таджикистана*. 2016; (4): 19–23. <https://elibrary.ru/yiniifb>
- Николаева Е.Н., Колосова О.Н., Попова В.Г., Аржакова Л.И. Психоэмоциональный статус и вариабельность ритма сердца у подростков в условиях Севера. *Образовательный вестник «Сознание»*. 2020; 22(11): 50–4. <https://doi.org/10.26787/nydha-2686-6846-2020-22-11-50-54> <https://elibrary.ru/cbexfk>
- Ефимова Н.В., Мыльникова И.В. Влияние личностной тревожности на показатели вариабельности ритма сердца у подростков при функциональных нагрузках. *Журнал медико-биологических исследований*. 2017; 5(4): 21–30. <https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2017.5.4.21> <https://elibrary.ru/zsuhvn>
- Каташинская Л.И. Вариабельность ритма сердца у городских и сельских студентов. *Новые исследования*. 2017; (1): 42–9. <https://elibrary.ru/ympndz>
- Погонышева И.А., Шаламова Е.Ю., Погонышев Д.А., Бочкарев М.В., Рагозин О.Н. Состояние сердечно-сосудистой системы студентов северного вуза в сезоны с крайними значениями фотопериода. *Артериальная гипертензия*. 2022; 28(4): 444–54. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2022-28-4-444-454>
- Зыбина Н.Н., Тихомирова О.В. Нарушение секреции мелатонина и эффективность заместительной терапии при расстройствах сна. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски*. 2018; 118(4–2): 92–8. <https://doi.org/10.17116/jnevro20181184292> <https://elibrary.ru/xumpet>

References

- Gudkov A.B., Popova O.N., Lukmanova N.B. Ecological-physiological characteristics of northern climatic factors literature review. *Ekologiya cheloveka*. 2012; (1): 12–7. <https://elibrary.ru/osklrj> (in Russian)
- Zlobina O.V., Moskvina A.O., Ivanov A.N., Bugaeva I.O. Functional activity of lines of stress-realizing and stress-limiting systems under light desynchronization. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova*. 2021; 107(3): 312–20. <https://doi.org/10.31857/S0869813921030109> <https://elibrary.ru/jmsskn> (in Russian)
- Vetoshkin A.S., Shurkevich N.P., Gapon L.I., Gubin D.G., Simonyan A.A., Poshinov F.A. The role of natural light rhythm in the development of desynchronization in the conditions of rotational shiftwork in the Arctic. *Sibirskii meditsinskii zhurnal*. 2019; 34(4): 91–100. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2019-34-4-91-100> <https://elibrary.ru/mdsepz> (in Russian)
- Shapovalova E.B., Maksimov S.A., Indukaeva E.V., Artamonova G.V. Association of stress with cardiovascular diseases and risk factors in a population (Esse-RF in Kemerovo region). *Rossiiskii kardiologicheskii zhurnal*. 2019; 24(9): 7–13. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-9-7-13> <https://elibrary.ru/xhgvqc> (in Russian)
- Velikanov A.A., Stoljarova A.A., Levashkevich Yu.L., Kuglova N.E. The problem of stress in coronary heart disease in the context of tasks of psychological rehabilitation: a literature review. *Vestnik psikhoterapii*. 2021; (78): 36–51. <https://elibrary.ru/xcjqrj> (in Russian)
- Akimova E.V., Kayumova M.M., Bessonova M.I. Psychosocial risk factors for the development of cardiovascular diseases in female populations from the perspective of anxiety research. *Profilakticheskaya meditsina*. 2022; 25(7): 100–5. <https://doi.org/10.17116/profmed20225071100> <https://elibrary.ru/fystqz> (in Russian)
- Romanchuk N., Pyatin V. Melatonin: neurophysiological and neuroendocrine aspects. *Byulleten' nauki i praktiki*. 2019; 5(7): 71–85. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/44/08> <https://elibrary.ru/ppubam> (in Russian)
- Dudarev A.A., Gorbanev S.A., Fridman K.B. Partnership of the northwest public health research center in the international projects in the field of Arctic environmental health. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(7): 601–6. <https://elibrary.ru/zfbybs> (in Russian)
- Dzherieva I.S., Rapoport S.I., Volkova N.I., Fomenko A.I., Trofimova E.A., Ilina A.V. The concentration ratio of 6-sulfatoxymelatonin (6-comt) in the urine and psycho-emotional status. *Zhurnal nauchnykh statei o zdorov'e i obrazovanie v XXI veke*. 2014; 16(3): 64–5. <https://elibrary.ru/rzuzhf> (in Russian)
- Revenko N.A., Kaladze N.N., Alyoshina O.K. Relationship between serotonin / melatonin as a biorthmological mechanism of rehabilitation in children with arterial hypertension. *Vestnik fizioterapii i kurortologii*. 2020; 26(2): 20–5. <https://elibrary.ru/iizowa> (in Russian)
- Bespiatikh A.Yu. *Melatonin: theory and practice [Melatonin: teoriya i praktika]*. Moscow: Medpraktika-M; 2009. <https://elibrary.ru/qkxsedn> (in Russian)
- Operating manual «Pulse oximeter ELOX-01». Samara; 2014. (in Russian)
- Safonova V.R., Shalamova E.Yu. Parameters of heart rate variability in female students of northern medical school under exam stress. *Ekologiya cheloveka*. 2013; (8): 11–6. <https://elibrary.ru/rahiwf> (in Russian)
- Koroleva M.A., Voronin I.M. Assessment of autonomic regulation of heart rate after intense light exposure in healthy young people. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*. 2014; (23): 90–8. <https://elibrary.ru/thqgqx> (in Russian)
- Buduk-ool L.K. Features of neurodynamic responses and aggressiveness and the level of personal anxiety of Tuvan students. *Psikhologiya. Psikhofiziologiya*. 2021; 14(3): 99–107. <https://elibrary.ru/kgfqpc> (in Russian)
- Bühl A., Zöfel P. *SPSS Version 10. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows [SPSS: The Art of Information Processing. Statistical Data Analysis and Recovery of Hidden Patterns]*. München: Addison-Wesley; 2000. (in German)
- Burchakov D.I. Circadian rhythm and metabolic effects of melatonin. *Ozhirenie i metabolismm*. 2015; 12(1): 46–51. <https://doi.org/10.14341/OMET2015146-51> <https://elibrary.ru/tqnqxl> (in Russian)
- Braam W., Spruyt K. Reference intervals for 6-sulfatoxymelatonin in urine: A meta-analysis. *Sleep Med. Rev.* 2022; 63: 101614. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2022.101614>

19. Kaladze N.N., Revenko N.A., Meltseva Ye.M., Dusaleeva T.M. Influence of electrosleeptherapy on the dynamics of biorythmological active hormone adaptation in children with arterial hypertension in the process of spa treatment. *Vestnik vosstanovitel'noi meditsiny*. 2017; (3): 46–50. <https://elibrary.ru/wnrfkm> (in Russian)
20. Budnevsky A.V., Rezova N.V., Kozhevnikova S.A. Prognostic role of melatonin in assessment of clinical course of arterial hypertension. *Nauka molodykh (Eruditio Juvenium)*. 2020; 8(4): 549–54. <https://doi.org/10.23888/HMJ202084549-554> <https://elibrary.ru/uepygx> (in Russian)
21. Arabzoda S.N., Shukurov F.A. Activity of stress-realizing system in students during the process of education. *Vestnik Akademii meditsinskikh nauk Tadzhikistana*. 2016; (4): 19–23. <https://elibrary.ru/yinifb> (in Russian)
22. Nikolaeva E.N., Kolosova O.N., Popova V.G., Arzhakova L.I. Psychoemotional status and heart rate variability in adolescents in the North. *Obrazovatel'nyi vestnik Soznanie*. 2020; 22(11): 50–4. <https://doi.org/10.26787/nydha-2686-6846-2020-22-11-50-54> <https://elibrary.ru/cbefxk> (in Russian)
23. Efimova N.V., Mylnikova I.V. Influence of personal anxiety on heart rate variability in adolescents during functional loads. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*. 2017; 5(4): 21–30. <https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2017.5.4.21> <https://elibrary.ru/zsuhvn> (in Russian)
24. Katashinskaya L.I. Heart rate variability in urban and rural students. *Novye issledovaniya*. 2017; (1): 42–9. <https://elibrary.ru/ymndz> (in Russian)
25. Pogonysheva I.A., Shalamova E.Yu., Pogonyshv D.A., Bochkarev M.V., Ragozin O.N. Cardiovascular regulation in female students of northern university during extreme photoperiod seasons. *Arterial'naya gipertenziya*. 2022; 28(4): 444–54. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2022-28-4-444-454> (in Russian)
26. Zybyina N.N., Tikhomirova O.V. Disturbances in melatonin secretion and the efficacy of replacement therapy in sleep disorders. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova. Spetsvypuski*. 2018; 118(4-2): 92–8. <https://doi.org/10.17116/jnevro20181184292> <https://elibrary.ru/xumpet> (in Russian)

Сведения об авторах

Рогозин Олег Николаевич, доктор мед. наук, профессор, профессор каф. госпитальной терапии, БУ ВО ХМАО – Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», 628011, Ханты-Мансийск, Россия. E-mail: oragozin@mail.ru

Шаламова Елена Юрьевна, доктор биол. наук, доцент, профессор каф. физиологии и спортивной медицины, БУ ВО ХМАО – Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», 628011, Ханты-Мансийск, Россия. E-mail: selenzik@mail.ru

Погонышева Ирина Александровна, канд. биол. наук, доцент, доцент каф. экологии, ФГБОУ ВО НВГУ, 628605, Нижневартовск, Россия. E-mail: severina.i@bk.ru

Кудяшева Варвара Павловна, ординатор, ФГБОУ ВО ЮУГМУ МЗ РФ, 454092, Челябинск, Россия. E-mail: henri.govard1@mail.ru

Погонышев Андрей Денисович, студент, ФГБОУ ВО ТГМУ МЗ РФ, 625023, Тюмень, Россия. E-mail: andrey_nv@bk.ru

Information about the authors

Oleg N. Ragozin, DSc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Hospital Therapy of the Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, 628011, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-5318-9623> E-mail: oragozin@mail.ru

Elena Yu. Shalamova, DSc (Biology), Associate Professor, Professor of the Department of Physiology and Sports Medicine of the Khanty-Mansiysk State Medical Academy, 628011, Khanty-Mansiysk, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-5201-4496> E-mail: selenzik@mail.ru

Irina A. Pogonysheva, PhD (Biology), Associate Professor of the Department of Ecology, Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, 628605, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-5759-0270> E-mail: severina.i@bk.ru

Varvara P. Kudyasheva, resident, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, 454092, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0000-8144-7477> E-mail: henri.govard1@mail.ru

Andrey D. Pogonyshv, student, Tyumen State Medical University, Tyumen, 625023, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0009-4507-703X> E-mail: andrey_nv@bk.ru