

Аликина В.А. и др.

Влияние метеофакторов и фотопериода на функциональную активность гипофизарно-тиреоидной оси...

Журнал медико-биологических исследований. 2026. Т. 14, № 2. С. 24–35.

*Journal of Medical and Biological Research*, 2026, vol. 14, no. 2, pp. 24–35.



Научная статья

УДК [612.014-055.1:577.161.2:577.15:577.19]”32”(985)(045)

DOI: 10.37482/2687-1491-Z282

## Влияние метеофакторов и фотопериода на функциональную активность гипофизарно-тиреоидной оси у мужчин Европейского Севера России

Виктория Анатольевна Аликина\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0818-7274>

Елена Васильевна Типисова\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2097-3806>

Валентина Николаевна Зябишева\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6133-8249>

Александра Эдуардовна Елфимова\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2519-1600>

Ирина Николаевна Молодовская\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3097-9427>

\*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова  
Уральского отделения Российской академии наук  
(Архангельск, Россия)

**Аннотация.** Люди, проживающие в условиях высоких широт, подвержены более раннему старению и развитию возраст-ассоциированных заболеваний, поэтому изучение адаптационных механизмов, формирующихся в ответ на воздействие климатогеографических и метеорологических факторов, как у европеоидного, так и у аборигенного населения данных территорий представляет особый интерес. **Цель** работы – выявить метеорологические и гелиогеофизические факторы, оказывающие влияние на функцию гипофизарно-тиреоидной оси у сельских жителей и кочевого аборигенного населения Европейского Севера (западный сектор Арктической зоны РФ (АЗРФ)). **Материалы и методы.** В рамках проспективного исследования, проведенного в периоды минимальной продолжительности светового дня и ее увеличения, обследованы 152 мужчины 22–59 лет: представители европеоидного сельского (26 и 59 чел. соответственно), аборигенного сельского (16 и 18 чел.) и аборигенного кочевого (8 и 23 чел.) населения Европейского Севера России. Оценивались корреляционные связи показателей гипофизарно-тиреоидной оси с фактическими значениями температуры, влажности воздуха, атмосферного давления, длительности светового дня (по ранговому коэффициенту корреляции Спирмена). **Результаты.** Установлены положительные корреляционные связи между длительностью дня и уровнем антител к тиреоглобулину у кочевых аборигенов и антител к тиреопероксидазе у европеоидных жителей, отрицательные связи длительности дня с содержанием тироксина у кочевых и с уровнем свободного трийодтиронина у оседлых аборигенов. Выявлены отрицательные корреляции температуры воздуха с концентрацией тироксина у кочевых аборигенов и европеоидных жителей, относительной влажности воздуха с уровнем свободного тироксина у европеоидных жителей; положительные корреляционные связи атмосферного давления с уровнями тироксина, тиреотропного гормона у кочевых аборигенов и концентрациями тироксина, тиреоглобулина у европеоидных

© Аликина В.А., Типисова Е.В., Зябишева В.Н., Елфимова А.Э., Молодовская И.Н., 2026

**Ответственный за переписку:** Виктория Анатольевна Аликина, адрес: 163020, г. Архангельск, просп. Никольский, д. 20; e-mail: [victoria-popcova@yandex.ru](mailto:victoria-popcova@yandex.ru)

жителей. С учетом ранее полученных данных сделан вывод, что короткий световой день в комплексе с пониженной температурой и отсутствием глобальной урбанизации может оказывать большее влияние на активность щитовидной железы у кочевого и сельского населения АЗРФ, чем у городского.

**Ключевые слова:** метеорологические факторы, фотопериод, тиреоидные гормоны, антитиреоидные аутоантитела, кочующие аборигены, оседлые аборигены, сельское европейское население, западный сектор Арктической зоны Российской Федерации

**Финансирование.** Работа выполнена за счет финансирования Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственное задание Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук (ФИЦКИА УрО РАН) № FUUW-2025-0017) с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием «Критические технологии РФ в области экологической безопасности Арктики» ФИЦКИА УрО РАН.

**Для цитирования:** Влияние метеофакторов и фотопериода на функциональную активность гипофизарно-тиреоидной оси у мужчин Европейского Севера России / В. А. Аликина, Е. В. Типисова, В. Н. Зябишева, А. Э. Елфимова, И. Н. Молодовская // Журнал медико-биологических исследований. – 2026. – Т. 14, № 2. – С. 24-35. – DOI 10.37482/2687-1491-Z282.

Original article

## Influence of Meteorological Factors and Photoperiods on the Functional Activity of the Pituitary-Thyroid Axis in Men of the European North of Russia

Viktorina A. Alikina\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0818-7274>

Elena V. Tipisova\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2097-3806>

Valentina N. Zyabisheva\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6133-8249>

Aleksandra E. Elfimova\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2519-1600>

Irina N. Molodovskaya\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3097-9427>

\*N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research  
of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
(Arkhangelsk, Russia)

**Abstract.** It is known that people living in high latitudes are susceptible to accelerated ageing and the development of age-related diseases. Therefore, studying adaptation mechanisms triggered by the effects of various climatic, geographical and meteorological factors both in the local Russian and indigenous populations is of particular interest. The **purpose** of this article was to identify the meteorological and daylight conditions affecting the function of the pituitary-thyroid axis in the rural dwellers and nomadic indigenous population of the

---

**Corresponding author:** Viktorina Alikina, address: prosp. Nikol'skiy 20, Arkhangelsk, 163020, Russia; e-mail: [victoria-popcova@yandex.ru](mailto:victoria-popcova@yandex.ru)

European North (western sector of the Arctic zone of the Russian Federation). **Materials and methods.** A total of 152 men aged 22–59 years participated in the prospective study during the periods of minimum and increasing daylight hours: rural Russian (26 and 59 people, respectively), settled indigenous (16 and 18 people) and nomadic indigenous (8 and 23 people) populations of the European North of Russia. Correlations between the parameters of the pituitary-thyroid axis and atmospheric temperature, humidity, atmospheric air pressure and daylight duration were estimated using Spearman's rank correlation coefficient. **Results.** We established positive correlations of daytime length with thyroglobulin antibodies in nomadic indigenous people and with anti-thyroid peroxidase antibodies in the Russian population, as well as negative correlations of daytime length with thyroxine levels in the nomads and with free triiodothyronine levels in sedentary indigenous people. In addition, negative correlations were established between atmospheric temperature and thyroxine concentrations in nomadic indigenous people and local Russians, as well as between relative humidity and thyroxine levels in local Russians; positive correlations were identified between atmospheric pressure and thyroxine and thyroid stimulating hormone concentrations in the nomadic indigenous people and between atmospheric pressure and thyroxine and thyroglobulin levels in local Russians. Taking into account the data obtained earlier, we can conclude that short daylight hours combined with low temperatures and low level of urbanization can have a negative effect on the activity of the pituitary-thyroid axis in the nomadic and rural populations of the Russian Arctic than in urban dwellers.

**Keywords:** meteorological factors, photoperiod, thyroid hormones, antithyroid autoantibodies, nomadic indigenous people, sedentary indigenous people, rural dwellers, western sector of the Arctic zone of the Russian Federation

**Funding.** The research was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (state assignment of N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (FECIAR UrB RAS) no. FUUW-2025-0017) and performed using the equipment of the Centre for Shared Use of Scientific Equipment “Critical Technologies of the Russian Federation in the Field of Environmental Safety of the Arctic” of FECIAR UrB RAS.

**For citation:** Alikina V.A., Tipisova E.V., Zyabisheva V.N., Elfimova A.E., Molodovskaya I.N. Influence of Meteorological Factors and Photoperiods on the Functional Activity of the Pituitary-Thyroid Axis in Men of the European North of Russia. *Journal of Medical and Biological Research*, 2026, vol. 14, no. 2, pp. 24–35. DOI: 10.37482/2687-1491-Z282

Одним из природных факторов Европейского Севера, наиболее интенсивно воздействующим на организм человека, является контрастная фотопериодика, с минимальной продолжительностью светового дня около 3 ч зимой и максимальной его длительностью около 21 ч – летом. Помимо этого, на организм человека влияют другие экстремальные климатические факторы Севера: низкая температура и повышенная подвижность воздушных масс, увеличенная ионизирующая радиация и электромагнитная активность, колебания атмосферного давления, повышенная влажность в летний, переходные периоды и чрезмерная сухость – в зимний период [1]. В ком-

плексе эти климатические условия считаются факторами риска развития дизадаптационных реакций на уровне гипофизарно-тиреоидной оси [2]. Однако при оценке воздействия сезонных изменений длительности светового дня на организм человека, живущего в условиях высоких широт, невозможно полностью отделить влияние фотопериода от совокупного действия температуры, влажности воздуха, атмосферного давления и других погодных параметров.

Сезонные колебания уровней тиреотропного гормона (ТТГ) и йодтиронинов неоднократно описаны для популяций, проживающих в Арктике и субарктических регионах [3, 4].

При этом характер реакций значительно варьирует в зависимости от географической широты, этнической принадлежности обследуемых и степени урбанизации территории. Например, у жителей Финляндии выявлена прямая корреляция температуры воздуха с уровнем свободного трийодтиронина (св.Т<sub>3</sub>) и обратная – между концентрацией ТТГ и длительностью дня, а также повышение содержания ТТГ в зимний период [5]. Китайское панельное исследование показало рост уровня св.Т<sub>3</sub> при снижении температуры до –20 °С [6]. В некоторых работах (например, [7]) было выявлено увеличение концентраций трийодтиронина (Т<sub>3</sub>) и свободного тироксина (св.Т<sub>4</sub>) в период минимальной продолжительности дня. У якутов Восточной Сибири (Саха), как и у некоторых других циркумполярных групп, зимой наблюдалось значительное снижение уровня св.Т<sub>3</sub> [8, 9]. Метаанализ, проведенный А.А. Никаноровой с соавт., показал, что в холодных регионах уровни св.Т<sub>3</sub> зимой уменьшались по сравнению с летом, тогда как в теплых регионах с зимней температурой выше 0 °С – увеличивались, что связывают с адаптивным термогенезом, который может зависеть от интенсивности воздействия холода [10] и феномена «полярного Т<sub>3</sub>» [9].

Ретроспективный анализ архива данных лаборатории эндокринологии имени профессора А.В. Ткачева Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук (1983–2006 годы), включавшего наблюдения за 719 мужчинами, проживающими на территории городов Архангельск, Северодвинск, Новодвинск (64–65° с. ш.), показал усиление тиреоидной активности в холодный период года [11]. Ранее нами было установлено, что при высокой влажности воздуха происходит рост реактивности эндокринной системы в температурном интервале от 0 до –5 °С, а при положительной температуре наиболее значимые изменения содержания тиреоидных гормонов и индекса их периферической конверсии обнаружены при контрастных значениях влажности воздуха (>85 и <55 %) [12].

Современные исследования демонстрируют, что метеорологические и гелиогеофизические факторы, такие как температура, влажность и освещенность, могут влиять на уровни антител к тиреоглобулину и тиреопероксидазе (АнтиТГ и АнтиТПО). Коллективом авторов [13] показано, что контрастная фотопериодика играет более значительную роль в долгосрочной регуляции функций щитовидной железы и активности аутоиммунных процессов, чем температурные колебания. В работах Г.Т. Лютфалиевой (например, [14]) продемонстрировано возрастание уровня АнтиТГ в зимний период, когда отмечается минимальная длительность светового дня. Установлено, что у здоровых жителей Владивостока функция тиреоидной системы слабо зависит от метеорологических факторов, однако у лиц с субклиническими и клиническими формами аутоиммунных заболеваний выявлена зависимость уровня АнтиТПО от совокупности метеофакторов, а уровня АнтиТГ – от температуры воздуха и скорости ветра [15]. Ученые подчеркивают важность учета климатических особенностей региона при оценке состояния щитовидной железы и разработке профилактических мер для населения.

В свою очередь, кочевые народы, характеризующиеся традиционно высокой физической активностью, определенным укладом жизни и низкой степенью урбанизации, могут демонстрировать иные эндокринные адаптационные механизмы по сравнению с сельскими и городскими жителями. В связи с этим большое значение имеет изучение адаптационных физиологических механизмов, формирующихся в ответ на воздействие различных климатогеографических и метеорологических факторов Европейского Севера как у европеоидного, так и у аборигенного населения.

Цель работы – выявить метеорологические и гелиогеофизические условия, оказывающие влияние на функционирование гипоталамо-тиреоидной оси у сельских жителей и кочевого аборигенного населения Европейского Севера (западного сектора Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ)).

**Материалы и методы.** Проведено аналитическое неконтролируемое исследование с участием 152 мужчин – жителей Европейского Севера России 22–59 лет. Сбор данных осуществлялся в два световых сезона во время экспедиций в сельские населенные пункты Архангельской области (пос. Пинега, с. Долгошелье, д. Сояна, д. Совполье) и Ненецкого автономного округа (с. Несь, пос. Нельмин-Нос). В период минимальной продолжительности светового дня (декабрь 2009, 2011 годов) обследованы 52 участника (средний возраст – 42,4 года), среди которых: 26 местных жителей европеоидного происхождения (средний возраст – 42,5 года), 16 представителей оседлого аборигенного населения (средний возраст – 40,3 года) и 8 кочевых аборигенов (средний возраст – 46,6 года). В период увеличения длительности светового дня (февраль, март 2009–2014 годов) обследованы 100 мужчин (средний возраст – 42,3 года): 59 местных европеоидных жителей (средний возраст – 44,1 года), 18 представителей оседлого аборигенного населения (средний возраст – 38,6 года) и 23 аборигена, ведущих кочевой образ жизни (средний возраст – 40,7 года).

В выборку были включены мужчины в возрасте 22–59 лет с нормальным индексом массы тела ( $18,5\text{--}25,0\text{ кг/м}^2$ ) без установленной эндокринной патологии, родившиеся и постоянно проживающие на Севере не менее чем в трех поколениях. Критерии включения для популяции «оседлые аборигены»: ненцы, коми, проживающие в сельской местности. Критерии включения для популяции «кочевое аборигенное население»: ненцы, коми, кочующие в периоды исследования близ указанных выше населенных пунктов. Критерии исключения: нахождение на учете у врачей узкого профиля, таких как эндокринолог, андролог, кардиолог, наличие жалоб на состояние здоровья на момент обследования, недавно перенесенные респираторные заболевания, а также употребление алкоголя за 2-3 дня до исследования.

Все процедуры (опрос, измерение весо-ростовых показателей, забор крови, обработка

данных) проводили с добровольного информированного согласия участников с учетом конфиденциальности сведений о них, в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (1964 года, в редакции 2013 года). Исследование было одобрено комиссией по биомедицинской этике при Институте физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН (протокол от 02.02.2009).

Показатели функционирования щитовидной железы устанавливали методом иммуноферментного анализа (ИФА) *in vitro* на планшетном автоанализаторе Elisys Uno (Human GmbH, Германия). В сыворотке венозной крови, взятой утром натощак, определяли уровни: ТТГ, тироксина ( $T_4$ ), св. $T_4$ ,  $T_3$ , св. $T_3$  – наборами ООО «Компания Алкор Био» (Россия), Human GmbH (Германия); АнтиТПО, АнтиТГ – наборами ООО «Компания Алкор Био» (Россия), Euroimmun (Германия); тиреоглобулина (ТГ) – наборами ООО «Компания Алкор Био» (Россия), DRG Instruments GmbH (Германия); тироксинсвязывающего глобулина (ТСГ) – наборами Monobit Ins. (США).

Оценку метеорологических факторов осуществляли на основе 4 параметров: температура ( $T$ , в кельвинах и градусах Цельсия), относительная влажность воздуха ( $U$ , %), атмосферное давление ( $P$ , мм рт. ст.), измеренные в 9 ч. утра, а также продолжительность светового дня ( $N$ , мин). Значения метеорологических показателей и их условные обозначения были получены с сайтов <https://rp5.ru/> и <https://voshod-solnca.ru/>: метеостанция «Мезень» (№ 22471, [https://rp5.ru/Архив\\_погоды\\_в\\_Мезени](https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Мезени)), метеостанция «Пинега» (№ 22563, [https://rp5.ru/Архив\\_погоды\\_в\\_Пинеге](https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Пинеге)), морская гидрометеостанция «Абрамовский Маяк» (№ 22365, [https://rp5.ru/Архив\\_погоды\\_в\\_Абрамовском\\_Маяке](https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Абрамовском_Маяке)), автоматическая метеостанция «Несь» (№ 22375, [https://rp5.ru/Архив\\_погоды\\_в\\_Неси](https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Неси)), объединенная гидрометеостанция «Нарьян-Мар» (№ 23205, [https://rp5.ru/Архив\\_погоды\\_в\\_Нарьян-Маре](https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Нарьян-Маре)).

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных

программ Statistica 10.0. Анализ соответствия распределения признака закону нормального распределения выполняли с применением критерия Шапиро–Уилка. В связи с отклонением большинства параметров от закона нормального распределения для изучения связей между количественными показателями применяли ранговый коэффициент корреляции Спирмена (уровень значимости для всех представленных взаимосвязей  $p < 0,05$ ).

**Результаты.** Статистическая оценка уровней йодтиронинов, ТТГ и АнтиТПО, АнтиТГ в разные сезоны года у рассматриваемых групп была проведена нами ранее [16]. Были выявлены более высокое содержание ТТГ и  $T_3$  у кочевого населения относительно данных местных европеоидных жителей, повышение уровня ТГ, снижение содержания св. $T_4$  и индекса прогрессирующей периферической конверсии (ИППК = св. $T_3$ /св. $T_4$ ), т. е. усиление конверсии, у кочевого населения в период увеличения светового дня по сравнению с показателями при минимальном световом дне, а у местного европеоидного населения – повышение интегрального тиреоидного индекса (ИТИ = (св. $T_4$  + св. $T_3$ )/ТТГ) в период увеличения светового дня. У оседлого аборигенного населения отмечен более высокий уровень АнтиТГ, чем у кочевого.

Средние значения метеопараметров, регистрируемых в изучаемых населенных пунктах, представлены в *таблице*. Для оценки возможного влияния метеорологических факторов на

показатели гипофизарно-тиреоидной системы был выполнен корреляционный анализ (*рис. 1*).

В группе кочевых аборигенов и европеоидных мужчин, проживающих в сельской местности, анализ показал обратную направленную связь концентрации  $T_4$  с температурой воздуха ( $r = -0,48$ ,  $p = 0,006$ ;  $r = -0,46$ ,  $p < 0,001$  соответственно) и положительную связь – с атмосферным давлением ( $r = 0,49$ ,  $p = 0,005$ ;  $r = 0,35$ ,  $p = 0,001$  соответственно): более низкая температура воздуха или более высокое атмосферное давление ассоциировались с более высокими концентрациями  $T_4$ .

Также уровень  $T_4$  отрицательно коррелировал с длиной дня ( $r = -0,6$ ,  $p < 0,001$ ) в группе кочевых аборигенов и с влажностью атмосферного воздуха ( $r = -0,37$ ,  $p < 0,001$ ) у европеоидных мужчин. В группах кочевых аборигенов и европеоидных мужчин с уровнем АнтиТГ отрицательно коррелировало атмосферное давление ( $r = -0,5$ ,  $p = 0,005$ ;  $r = -0,34$ ,  $p = 0,037$  соответственно), при этом у европеоидных мужчин еще регистрировалась обратная связь уровня АнтиТГ с влажностью воздуха ( $r = -0,38$ ,  $p = 0,019$ ), а у кочевых аборигенов – прямые связи концентрации АнтиТГ с длиной светового дня ( $r = 0,5$ ,  $p = 0,005$ ) и температурой воздуха ( $r = 0,58$ ,  $p < 0,001$ ).

Только в выборке кочевых аборигенов выявлена положительная связь концентрации ТТГ, вырабатываемого гипофизом, с атмосферным давлением ( $r = 0,43$ ,  $p = 0,014$ ), в других груп-

**Средние значения метеорологических показателей в населенных пунктах Архангельской области**

(пос. Пинега, с. Долгощелье, д. Сояна, д. Совполье) и Ненецкого автономного округа

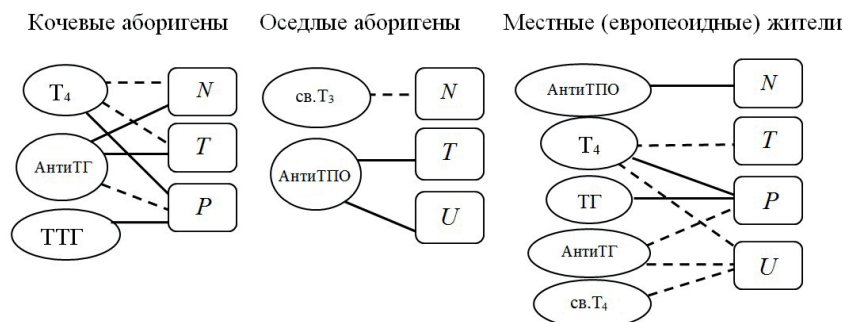
(с. Несь, пос. Нельмин-Нос) при разной длине светового дня

**Average values of meteorological parameters in the rural areas of the Arkhangelsk Region**

(Pinega settlement, Dolgoshchelye settlement, Soyana village, Sovpolye village) and Nenets Autonomous Area

(Nes village and Nelmin-Nos settlement) at different daylight length

Показатель	Период увеличения длины дня	Период минимальной длины дня	$p$
Наружная температура воздуха, °С/К	-15,5/257,6	-17,8/255,3	0,7
Влажность атмосферного воздуха, %	86,5	75,3	0,004
Атмосферное давление, мм рт. ст.	766,6	762,0	0,07
Длина светового дня, мин	675,0	201,6	<0,001



**Рис. 1.** Корреляционные связи между метеопараметрами и показателями гипофизарно-тиреоидной оси у мужчин, проживающих в сельской местности АЗРФ (север Архангельской области и Ненецкий автономный округ):  $N$ ,  $T$ ,  $P$ ,  $U$  – длина светового дня, температура воздуха, атмосферное давление и относительная влажность атмосферного воздуха соответственно в день обследования; сплошные линии отражают положительные корреляции, пунктирные – отрицательные, все представленные связи статистически значимы ( $p < 0,05$ )

**Fig. 1.** Correlations between meteorological and pituitary-thyroid axis parameters in men living in the rural areas of the Arkhangelsk Region and Nenets Autonomous Area:  $N$ ,  $T$ ,  $P$ ,  $U$  – daylight length, atmospheric temperature, atmospheric pressure and relative humidity, respectively, on the day of examination; solid lines indicate positive correlations, dashed lines stand for negative correlations, all presented correlations are statistically significant ( $p < 0.05$ )

пах взаимосвязей метеорологических факторов с уровнем ТТГ не обнаружено.

В группе европеоидных мужчин регистрировалась прямая связь концентрации ТГ с атмосферным давлением ( $r = 0,43$ ,  $p < 0,001$ ), уровня АнтиТПО – с длиной дня ( $r = 0,33$ ,  $p = 0,036$ ) и отрицательная связь между концентрацией св.Т<sub>4</sub> и влажностью воздуха ( $r = -0,35$ ,  $p = 0,001$ ).

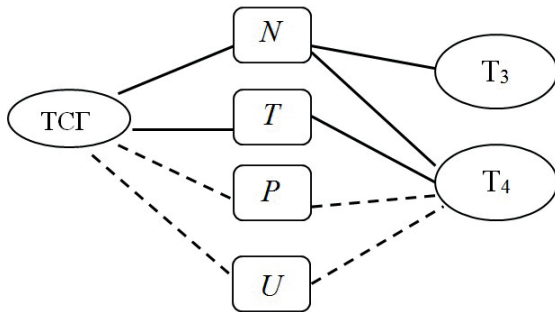
В группе оседлых аборигенов отмечены две положительные взаимосвязи концентрации АнтиТПО: с температурой ( $r = 0,5$ ,  $p = 0,005$ ) и влажностью воздуха ( $r = 0,6$ ,  $p < 0,001$ ), а продолжительность светового дня была обратно пропорциональна концентрации св.Т<sub>3</sub> ( $r = -0,36$ ,  $p = 0,037$ ).

**Обсуждение.** Ранее нами были опубликованы данные о взаимосвязи метеоусловий АЗРФ с активностью щитовидной железы у местного европеоидного населения г. Архангельска и выявлены наиболее значимые природные факторы, воздействующие на здоровье северян [16]. В ходе насто-

ящего исследования установлены особенности влияния природной среды на функциональную активность гипофизарно-тиреоидной системы сельских жителей и кочевого населения севера Архангельской области и Ненецкого автономного округа.

Проводя сравнение воздействия метеорологических факторов на активность щитовидной железы у кочевого аборигенного и европеоидного сельского населения указанных территорий и у жителей г. Архангельска [17], можно отметить разную направленность связей: уровень Т<sub>4</sub> в группах кочевников и сельских жителей отрицательно коррелирует с температурой воздуха и длиной дня, а положительную связь имеет с атмосферным давлением; у жителей г. Архангельска эти связи носят противоположный характер (рис. 2).

Обнаруженные у городских жителей положительные корреляции уровня Т<sub>4</sub> с температурой воздуха согласуются с результатами, представленными J. Hassi et al. Ученые предположили,



**Рис. 2.** Корреляционные связи между метеопараметрами и показателями гипофизарно-тиреоидной оси у мужчин г. Архангельска (по данным [17]):  $N$ ,  $T$ ,  $P$  – длина светового дня, температура воздуха и атмосферное давление соответственно в день обследования;  $U$  – среднемесячная относительная влажность атмосферного воздуха

**Fig. 2.** Correlations between meteorological and pituitary-thyroid axis parameters in men living in Arkhangelsk (according to the data in [17]):  $N$ ,  $T$ ,  $P$  – daylight length, atmospheric temperature and atmospheric pressure, respectively, on the day of examination;  $U$  – average monthly relative humidity

что зимой, в условиях снижения температуры, усиливается периферическая утилизация тиреоидных гормонов, что сопровождается уменьшением их концентрации в сыворотке крови на фоне повышенной экскреции с мочой. Исследователи подчеркивают, что регуляция уровня ТТГ определяется не только классическим механизмом отрицательной обратной связи с концентрациями тиреоидных гормонов, но и дополнительными факторами [5].

Наличие отрицательных взаимосвязей уровня  $T_4$  с температурой воздуха у кочевого и европеоидного сельского населения АЗРФ, в отличие от городских жителей, может свидетельствовать о сохранении баланса синтеза и утилизации йодтиронинов на фоне высокой активности щитовидной железы в условиях влияния холодных температур у жителей отдаленных территорий, которые, вероятно, проводят больше времени на открытом воздухе, чем горожане.

Длина дня положительно коррелирует с уровнями  $T_4$ ,  $T_3$  и ТСГ у жителей г. Архангельска [17],

у аборигенов АЗРФ она отрицательно коррелирует с  $T_4$  и св.  $T_3$ , из чего может следовать: низкая инсоляция зимой способствует повышению уровня тиреоидных гормонов у аборигенного населения АЗРФ, в отличие от горожан европеоидного происхождения. Последнее, возможно, связано со стрессовым воздействием короткого фотопериода вместе с низкой температурой на щитовидную железу. По данным литературы, изменение фотопериода, особенно темновая депривация, приводит к усилению активности щитовидной железы у крыс [18]. Вероятно, обратная взаимосвязь концентраций тиреоидных гормонов с длиной дня у аборигенов связана со следованием более естественному ритму жизни и меньшей урбанизированностью. У жителей города положительная связь может быть опосредована тем, что короткий световой день зимой компенсируется повышенным освещением улиц, домов, жилищ LED-лампами и активным использованием гаджетов в вечернее время. Нарушение естественных природных ритмов у городских жителей может приводить к искажению физиологических механизмов адаптации щитовидной железы. Возможно, снижение использования искусственного освещения в синем спектре будет способствовать улучшению физиологической регуляции циркадных ритмов и эндокринных механизмов адаптации горожан. Однако влияние этой стратегии на функцию щитовидной железы требует дальнейшего изучения.

У жителей г. Архангельска не выявлено выраженной сезонной изменчивости уровней свободных форм йодтиронинов, а также их статистически значимых связей с метеорологическими параметрами [17]. Это позволяет предположить, что метаболические запросы тканей на энергетические и пластические субстраты у городского населения АЗРФ остаются относительно стабильными вне зависимости от воздействия холода и сезонных колебаний, вероятно вследствие особенностей урбанизированной среды. Напротив, у коренного аборигенного населения АЗРФ уровень св.  $T_3$  демонстрирует отрицательную связь с длительностью дня, тогда как у европеоидного сельского населения отмечена от-

рицательная ассоциация концентрации св.Т<sub>4</sub> с влажностью воздуха. Климатические условия АЗРФ характеризуются повышенной сухостью окружающего воздуха в зимний период [1], следовательно, зимой, при более низкой влажности и минимальной длительности светового дня, уровни свободных фракций йодтиронинов могут увеличиваться.

У архангелогородцев отмечена отрицательная связь между уровнем Т<sub>4</sub> и атмосферным давлением [17]. У кочевых аборигенов и европеоидного сельского населения АЗРФ эта связь носит положительный характер, что может ассоциироваться с опосредованным стрессовым воздействием высокого атмосферного давления на активность щитовидной железы. Корреляция с уровнем гипофизарной регуляции функции щитовидной железы отмечена только среди кочевого населения: установлена прямая связь между уровнем ТТГ и атмосферным давлением. Многочисленными исследованиями показано, что активность щитовидной железы зависит от парциального давления кислорода в атмосферном воздухе. При адаптации к гипоксии (в условиях высокогорья) наблюдается гипофункция щитовидной железы и перестройка эндокринной системы: повышается чувствительность рецепторов клеток к гормонам, что вызывает уменьшение объема их синтеза в железах [19]. У европеоидных сельских жителей отмечается положительная корреляция между атмосферным давлением и содержанием ТТГ, выполняющего ключевую роль в синтезе йодтиронинов. Такая связь может косвенно свидетельствовать об усилении процессов синтеза и накопления тиреоидных гормонов в тиреоцитах при повышении атмосферного давления.

У обследованного населения АЗРФ, проживающего вдали от городов, установлена положительная связь между длительностью светового дня и уровнями антител к тиреоидным антигенам, причем антителообразование ассоциировано с температурой, влажностью воздуха и атмосферным давлением. У жителей г. Архангельска подобных зависимостей не выявлено [17]. Продолжительность дня может влиять на иммунные функции: так, в экспериментах на мышах показа-

но, что длинный световой день усиливает иммунный ответ и увеличивает продукцию антител к тиреоидным антигенам по сравнению с коротким днем. Эти результаты подчеркивают значимую роль фотопериода в регуляции иммунных функций [20]. Также, наряду с классической концепцией холод-индуцированной тиреоидной адаптации, для арктических территорий и народов, сохраняющих традиционный уклад жизни, становится принципиально важным рассматривать возможные климатические сдвиги в сторону потепления: рост среднесуточных температур и учащение эпизодов потепления могут смещать иммунно-эндокринный баланс и, вероятно, усиливать аутоиммунную активность (в т. ч. по тиреоидной оси), что согласуется с обнаруженными нами положительными корреляциями между температурой воздуха и маркерами аутоиммунных процессов (уровни АнтиТГ, АнтиТПО) у оседлых и кочевых аборигенов и с наблюдаемыми сезонными температур-зависимыми вариациями антител, описанными в литературе [21]. При этом представляется маловероятным, что повышающаяся температура воздуха является самостоятельным триггером тиреоидных и аутоиммунных изменений, поскольку ее влияние реализуется преимущественно опосредованно – через каскад взаимосвязанных факторов, включающих перестройку пищевых цепей и нутриентного профиля, рост экспозиции загрязнителей и аэрополлютантов, инфекционной и зоонозной нагрузки, а также трансформацию образа жизни коренных арктических популяций.

Выявленные типичные физиологические воздействия метеофакторов на щитовидную железу у сельского европеоидного и аборигенного населения, в отличие от городских жителей, могут объясняться близостью первых к природной среде, в то время как у горожан, скорее всего, приоритетное влияние обретают не метеорологические, а социальные факторы. В связи с этим традиционно рекомендованными способами сохранения здорового образа жизни и адаптационных механизмов щитовидной железы могут быть пребывание в дневное время на открытом воздухе вдали от автомобильных трасс и снижение воздействия последствий урбанизации на организм человека.

## Выводы исследования:

1. У кочевого и европеоидного сельского населения Европейского Севера России прослеживаются отрицательные связи между температурой воздуха и активностью щитовидной железы в отличие от жителей г. Архангельска, что может объясняться бóльшим контактом первых с естественной природной средой и адаптацией к холодным температурам.

2. Обратная зависимость наблюдается между активностью щитовидной железы и продолжительностью светового дня у аборигенного населения Европейского Севера России, что может

свидетельствовать о стрессовом воздействии низкой инсоляции на гипофизарно-тиреоидную систему, не характерном для жителей г. Архангельска.

3. Повышение атмосферного давления приводит к активизации гипофизарно-тиреоидной системы у аборигенного и европеоидного сельского населения Европейского Севера России и к обратному эффекту у жителей г. Архангельска.

4. У аборигенного и европеоидного сельского населения Европейского Севера России регистрируется влияние изучаемых метеофакторов на содержание антител к тиреоидным антигенам, в отличие от жителей г. Архангельска.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

## Список литературы

1. Солонин Ю.Г., Бойко Е.П. Медико-физиологические проблемы в Арктике // Изв. Коми науч. центра УрО РАН. 2017. № 4(32). С. 33–40.
2. Zwahlen J., Gairin E., Vianello S., Mercader M., Roux N., Laudet V. The Ecological Function of Thyroid Hormones // Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci. 2024. Vol. 379, № 1898. Art. № 20220511. <https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0511>
3. Kuzmenko N.V., Tsyrlin V.A., Pliss M.G., Galagudza M.M. Seasonal Variations in Levels of Human Thyroid-Stimulating Hormone and Thyroid Hormones: A Meta-Analysis // Chronobiol. Int. 2021. Vol. 38, № 3. P. 301–317. <https://doi.org/10.1080/07420528.2020.1865394>
4. Молодцовская И.Н., Туписова Е.В., Елфимова А.Э., Аликina В.А., Зябищева В.Н., Туписов И.Н. Взаимосвязь метеорологических факторов с показателями гипофизарно-тиреоидной оси у здоровых мужчин, проживающих в Субарктике // Экология человека. 2023. Т. 30, № 10. С. 781–789. <https://doi.org/10.17816/humeco623701>
5. Hassi J., Sikkila K., Ruokonen A., Leppaluoto J. The Pituitary-Thyroid Axis in Healthy Men Living Under Subarctic Climatological Conditions // J. Endocrinol. 2001. Vol. 169, № 1. P. 195–203. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1690195>
6. Wang T., Ma H., Jin Z., Yang T., Zhao Z., Wulalibieke A., Wang Q., Cao Y., Yang S. The Effect of Ambient Temperature on Thyroid Function Parameters: A Daily Level Panel Study // BMC Public Health. 2025. Vol. 25, № 1. Art. № 2195. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-23207-z>
7. Губина А.Е., Койносов А.П. Сезонные изменения показателей иммунной и эндокринной систем спортсменов в природно-климатических условиях Среднего Приобья // Экология человека. 2018. № 2. С. 31–36.
8. Levy S.B., Leonard W.R., Tarskaia L.A., Klimova T.M., Fedorova V.I., Baltakhinova M.E., Krivoschapkin V.G., Snodgrass J.J. Seasonal and Socioeconomic Influences on Thyroid Function Among the Yakut (Sakha) of Eastern Siberia // Am. J. Hum. Biol. 2013. Vol. 25, № 6. P. 814–820. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22457>
9. Никанорова А.А., Барашков Н.А., Пиенникова В.Г., Находкин С.С., Федорова С.А. Признаки полярного Т3 синдрома у молодых мужчин в Якутии // Якут. мед. журн. 2024. № 1(85). С. 5–8. <https://doi.org/10.25789/YMJ.2024.85.01>
10. Nikanorova A.A., Barashkov N.A., Pshennikova V.G., Teryutin F.M., Nakhodkin S.S., Solovyev A.V., Romanov G.P., Burtseva T.E., Fedorova S.A. A Systematic Review and Meta-Analysis of Free Triiodothyronine (FT3) Levels in Humans Depending on Seasonal Air Temperature Changes: Is the Variation in FT3 Levels Related to Nonshivering Thermogenesis? // Int. J. Mol. Sci. 2023. Vol. 24, № 18. Art. № 14052. <https://doi.org/10.3390/ijms241814052>

11. *Типисова Е.В.* Реактивность и компенсаторные реакции эндокринной системы у мужского населения Европейского Севера: моногр. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 202 с.
12. *Аленикова А.Э., Типисова Е.В.* Соотношение климато-географических факторов и эндокринного профиля у мужчин Европейского Севера // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2012. Т. 14, № 5-2. С. 436–439.
13. *Строев Ю.И., Агафонов П.В., Коровин А.Е., Рябова В.А., Соболевская П.А., Федоткина Т.В., Чурилов Л.П., Шенфельд И.* Медицинская география и экология аутоиммунного тиреоидита Хасимото и связанных с ним заболеваний // Рос. биомед. исследования. 2022. Т. 7, № 2. С. 69–90.
14. *Лютфалиева Г.Т., Полетаева А.В., Чуркина Т.С., Добродеева Л.К.* Пределы содержания и адаптивные механизмы регуляции функционального состояния системы гипотиз-щитовидная железа аутоантителами у жителей Севера // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2009. Т. 11, № 1-5. С. 984–987.
15. *Веремчук Л.В., Андрюков Б.Г., Янькова В.И., Виткина Т.И., Симонова И.Н.* Особенности и критерии воздействия климатических факторов на щитовидную железу жителей Владивостока // Здоровье. Мед. экология. Наука. 2015. № 5(63). С. 15–20.
16. *Типисова Е.В., Зябишева В.Н., Аликина В.А., Елфимова А.Э., Молодовская И.Н.* Исследование фотопериодической динамики содержания периферического дофамина в сопоставлении с тиреоидным профилем у различных групп мужчин Европейского Севера // Проблемы эндокринологии. 2024. Т. 70, № 2. С. 11–22. <https://doi.org/10.14341/probl13286>
17. *Молодовская И.Н., Елфимова А.Э., Типисова Е.В., Аликина В.А.* Метеорологические факторы Субарктики, влияющие на уровни тиреоидных и половых гормонов // II Лаверовские чтения – Арктика: Актуальные проблемы и вызовы: сб. науч. материалов Всерос. конф. с междунар. участием. Архангельск: Тип. № 2, 2023. С. 844–845.
18. *Котельникова С.В., Котельников А.В., Новакова О.И., Филиппова Е.А.* Функциональное состояние супрахиазматического ядра гипоталамуса и щитовидной железы организмов разного пола в условиях измененных фоторежимов // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2012. Т. 14, № 5-2. С. 460–462.
19. *Садыкова Г.С., Джунусова Г.С.* Динамика гормонов гипофизарно-тиреоидной системы и ЭЭГ активности мозга у высокогорных жителей // Бюл. науки и практики. 2022. Т. 8, № 9. С. 311–320. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/82/34>
20. *Yellon S., Tran L.T.* Photoperiod, Reproduction, and Immunity in Select Strains of Inbred Mice // J. Biol. Rhythms. 2002. Vol. 17, № 1. P. 65–75. <https://doi.org/10.1177/074873002129002348>
21. *Middleton G., Barker J., Razvi S.* Seasonal Variation in Thyroid Autoimmunity as Assessed by Anti-Thyroid Peroxidase Antibodies Is Related to Temperature // Endocr. Abstr. 2011. Vol. 25. Art. № 337.

## References

1. Solonin Yu.G., Boyko E.R. Mediko-fiziologicheskie problemy v Arktike [Medical and Physiological Problems of the Arctic]. *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra UrO RAN*, 2017, no. 4, pp. 33–40.
2. Zwahlen J., Gairin E., Vianello S., Mercader M., Roux N., Laudet V. The Ecological Function of Thyroid Hormones. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, 2024, vol. 379, no. 1898. Art. no. 20220511. <https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0511>
3. Kuzmenko N.V., Tsyrlin V.A., Pliss M.G., Galagudza M.M. Seasonal Variations in Levels of Human Thyroid-Stimulating Hormone and Thyroid Hormones: A Meta-Analysis. *Chronobiol. Int.*, 2021, vol. 38, no. 3, pp. 301–317. <https://doi.org/10.1080/07420528.2020.1865394>
4. Molodovskaya I.N., Tipisova E.V., Elfimova A.E., Alikina V.A., Zyabisheva V.N., Tipisov I.N. Relationship Between Meteorological Factors and the Pituitary-Thyroid Axis in Healthy Men Living in the Subarctic. *Ekologiya cheloveka*, 2023, vol. 30, no. 10, pp. 781–789 (in Russ.). <https://doi.org/10.17816/humec0623701>
5. Hassi J., Sikkilä K., Ruokonen A., Leppaluoto J. The Pituitary-Thyroid Axis in Healthy Men Living Under Subarctic Climatological Conditions. *J. Endocrinol.*, 2001, vol. 169, no. 1, pp. 195–203. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1690195>
6. Wang T., Ma H., Jin Z., Yang T., Zhao Z., Wulalibieke A., Wang Q., Cao Y., Yang S. The Effect of Ambient Temperature on Thyroid Function Parameters: A Daily Level Panel Study. *BMC Public Health*, 2025, vol. 25, no. 1. Art. no. 2195. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-23207-z>

7. Gubina A.E., Koynosov A.P. Seasonal Changes in Indicators of the Immune and the Endocrine Systems of Athletes in the Natural and Climatic Conditions of the Middle Ob Region. *Ekologiya cheloveka*, 2018, no. 2, pp. 31–36 (in Russ.).
8. Levy S.B., Leonard W.R., Tarskaia L.A., Klimova T.M., Fedorova V.I., Baltakhinova M.E., Krivoschapkin V.G., Snodgrass J.J. Seasonal and Socioeconomic Influences on Thyroid Function Among the Yakut (Sakha) of Eastern Siberia. *Am. J. Hum. Biol.*, 2013, vol. 25, no. 6, pp. 814–820. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22457>
9. Nikanorova A.A., Barashkov N.A., Pshennikova V.G., Nakhodkin S.S., Fedorova S.A. Priznaki polyarnogo T3 sindroma u molodykh muzhchin v Yakutii [Signs of Polar T3 Syndrome in Young Men in Yakutia]. *Yakutskiy meditsinskiy zhurnal*, 2024, no. 1, pp. 5–8. <https://doi.org/10.25789/YMJ.2024.85.01>
10. Nikanorova A.A., Barashkov N.A., Pshennikova V.G., Teryutin F.M., Nakhodkin S.S., Solovyev A.V., Romanov G.P., Burtseva T.E., Fedorova S.A. A Systematic Review and Meta-Analysis of Free Triiodothyronine (FT3) Levels in Humans Depending on Seasonal Air Temperature Changes: Is the Variation in FT3 Levels Related to Nonshivering Thermogenesis? *Int. J. Mol. Sci.*, 2023, vol. 24, no. 18. Art. no. 14052. <https://doi.org/10.3390/ijms241814052>
11. Tipisova E.V. *Reaktivnost' i kompensatornye reaktsii endokrinnoy sistemy u muzhskogo naseleniya Evropeyskogo Severa* [Reactivity and Compensatory Responses of the Endocrine System in Male Population of the European North]. Yekaterinburg, 2009. 202 p.
12. Alenikova A.E., Tipisova E.V. Sootnoshenie klimato-geograficheskikh faktorov i endokrinnoy profilya u muzhchin Evropeyskogo Severa [Ratio of Climate-Geography Factors and Endocrine Profile in Men of the European North]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2012, vol. 14, no. 5-2, pp. 436–439.
13. Stroev Yu.I., Agafonov P.V., Korovin A.E., Ryabkova V.A., Sobolevskaya P.A., Fedotkina T.V., Churilov L.P., Shenfel'd I. Meditsinskaya geografiya i ekologiya autoimmunnogo tiroidita Khasimoto i svyazannykh s nim zabolevaniy [Medical Geography and Ecology of Autoimmune Hashimoto Thyroiditis and Related Disorders]. *Rossiyskie ebiomeditsinskie issledovaniya*, 2022, vol. 7, no. 2, pp. 69–90.
14. Lyutfaliev G.T., Poletaeva A.V., Churkina T.S., Dobrodeeva L.K. Predely soderzhaniya i adaptivnye mekhanizmy regulyatsii funktsional'nogo sostoyaniya sistemy gipofiz-shchitovidnaya zheleza autoantitelami u zhiteley Severa [Limits of the Contents and Adaptive Mechanisms of Regulation of the Functional Condition of System Hypophysis – Thyroid Gland by Autoantibodies at Inhabitants of the North]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2009, vol. 11, no. 1-5, pp. 984–987.
15. Veremchuk L.V., Andryukov B.G., Yan'kova V.I., Vitkina T.I., Simonova I.N. Features and Criteria of Influence of Climatic Factors on the Thyroid Gland in Vladivostok. *Health Med. Ecol. Sci.*, 2015, no. 5, pp. 15–20 (in Russ.).
16. Tipisova E.V., Zyabisheva V.N., Alikina V.A., Elfimova A.E., Molodovskaya I.N. Study of the Photoperiodic Dynamics of the Peripheral Dopamine Content in Comparison with the Thyroid Profile in Various Groups of Men from the European North. *Probl. Endocrinol.*, 2024, vol. 70, no. 2, pp. 11–22 (in Russ.). <https://doi.org/10.14341/probl13286>
17. Molodovskaya I.N., Elfimova A.E., Tipisova E.V., Alikina V.A. Meteorologicheskie faktory Subarktiki, vliyayushchie na urovni tireoidnykh i polovykh gormonov [Meteorological Factors of the Subarctic Influencing the Levels of Thyroid and Sex Hormones]. *II Laverovskie chteniya – Arktika: Aktual'nye problemy i vyzovy* [2nd Laverov Readings – the Arctic: Current Problems and Challenges]. Arkhangelsk, 2023, pp. 844–845.
18. Kotel'nikova S.V., Kotel'nikov A.V., Novakova O.I., Filippova E.A. Funktsional'noe sostoyanie suprakhiyazmaticheskogo yadra gipotalamusa i shchitovidnoy zhelezy organizmov raznogo pola v usloviyakh izmenennykh fotorezhimov [Functional State of the Suprachiasmatic Nucleus and the Thyroid Gland in Male and Female Rats Under Altered Photoregimes]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2012, vol. 14, no. 5, pp. 460–462.
19. Sadykova G.S., Dzhunusova G.S. Dynamics of Hormones of the Pituitary-Thyroid System and EEG of Brain Activity in High-Mountain Residents. *Bull. Sci. Pract.*, 2022, vol. 8, no. 9, pp. 311–320 (in Russ.). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/82/34>
20. Yellon S., Tran L.T. Photoperiod, Reproduction, and Immunity in Select Strains of Inbred Mice. *J. Biol. Rhythms*, 2002, vol. 17, no. 1, pp. 65–75. <https://doi.org/10.1177/074873002129002348>
21. Middleton G., Barker J., Razvi S. Seasonal Variation in Thyroid Autoimmunity as Assessed by Anti-Thyroid Peroxidase Antibodies Is Related to Temperature. *Endocr. Abstr.*, 2011, vol. 25. Art. no. 337.

Поступила в редакцию 02.12.2025 / Одобрена после рецензирования 23.02.2026 / Принята к публикации 27.02.2026  
Submitted 2 December 2025 / Approved after reviewing 23 February 2026 / Accepted for publication 27 February 2026