

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco117532>

Поправки при анализе временных рядов с учётом географических различий фотопериода

О.Н. Рагозин¹, П.Б. Татаринцев¹, И.А. Погонышева², А.Б. Гудков³,
Е.Ю. Шаламова¹, Д.А. Погонышев², А.А. Бейсембаев⁴

¹ Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, Ханты-Мансийск, Российская Федерация;

² Нижневартковский государственный университет, Нижневартовск, Российская Федерация;

³ Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Российская Федерация;

⁴ Кыргызско-Российский Славянский университет им. первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина, Бишкек, Киргизская Республика

АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена результатам разработки поправок при анализе временных рядов физиологических и демографических показателей населения с учётом географических различий фотопериода.

В ходе разработки применяли результаты исследований биологических ритмов при помощи авторских программ, использующих вейвлет-анализ и фотопериодическую устойчивость хронотипа при адаптации к условиям северного региона, сменной работе в норме, соматической и психической патологии. Проведена оценка многолетних демографических ритмов населения, проживающего в различных регионах России.

В результате поисково-аналитической работы и анализа опубликованных ранее данных сделано и обосновано предложение использовать для стандартизации и ранжирования межсезонных, межрегиональных исследований в хронофизиологическом формате расчётного «фотопериодического широтного коэффициента». По мнению авторов, повышения точности результатов можно добиться, применяя «коэффициент зашумлённости сигнала», оценку «степени полиритмичности» и «индекса нестабильности ритма» при наличии «вставочных», или «квантованных», ритмов.

Ключевые слова: анализ временных рядов; зашумлённость; полиритмичность; вставочные/квантованные ритмы; фотопериодический широтный коэффициент.

Как цитировать:

Рагозин О.Н., Татаринцев П.Б., Погонышева И.А., Гудков А.Б., Шаламова Е.Ю., Погонышев Д.А., Бейсембаев А.А. Поправки при анализе временных рядов с учётом географических различий фотопериода // Экология человека. 2023. Т. 30, № 2. С. 139–149. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco117532>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco117532>

Corrections for geographical differences in photoperiod in time-series analysis

Oleg N. Ragozin¹, Pavel B. Tatarinzev¹, Irina A. Pogonysheva², Andrei B. Gudkov³, Elena Yu. Shalamova¹, Denis A. Pogonyshchev², Anvar A. Beisembaev⁴

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

² Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russian Federation;

³ Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation;

⁴ Kyrgyz-Russian Slavic University named after the First President of the Russian Federation B.N. Yeltsin, Bishkek, Kyrgyz Republic

ABSTRACT

This article presents the results of the development of the corrections for geographical differences and photoperiodism in time-series analyses of physiological and demographic indicators.

the models were created using the results of the studies of biological rhythms obtained using the software developed by the author using wavelet analysis and photoperiodic stability of the chronotype during adaptation to the conditions of the North, shift work in healthy individuals as well as in subjects with somatic or mental pathology. We also assessed long-term demographic rhythms of the population living in different regions of Russia.

For standardization and ranking of interseasonal, inter-regional studies (physiology of movements and shift work) in chronophysiological format, we propose the use of the calculated "photoperiodic latitudinal coefficient". To improve the accuracy of the models, we propose the use of the "signal- noise coefficient" in the interpretation of the results, an assessment of the "degree of polyrhythmicity" and the "rhythm instability index" in the presence of "inserted" or "quantized" rhythms.

Keywords: time-series analysis; noise; polyrhythmicity; insertion/quantized rhythms; photoperiodic latitudinal coefficient.

To cite this article:

Ragozin ON, Tatarinzev PB, Pogonysheva IA, Gudkov AB, Shalamova EYu, Pogonyshchev DA, Beisembaev AA. Corrections for geographical differences in photoperiod in time-series analysis. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(2):139–149.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco117532>

Received: 14.12.2022

Accepted: 03.03.2023

Published online: 19.03.2023

ОБОСНОВАНИЕ

Хронобиология — раздел биологии, изучающий циклические процессы в биологических системах разного уровня организации [1], который включает исследования в области анатомии, физиологии, генетики, молекулярной биологии и биологии поведения организмов [2]. Хрономедицина базируется на хронобиологии и использует её данные для совершенствования профилактики, диагностики и лечения заболеваний. Основной задачей хрономедицины является выявление и коррекция десинхроноза как одного из патогенетических факторов развития патологии. История становления хронобиологии как науки изложена во многих обзорах [3, 4], в том числе отражены методология [5], методы [6] и способы математического анализа ритмов [7].

Временной ряд — это составленные в неодинаковые моменты времени статистические данные о величине каких-либо параметров изучаемого процесса, который значительно отличается от обычной выборки, так как при рассмотрении учитывается корреляция измерений со временем, а не только статистические характеристики [8, 9]. Если процесс, отклонившись от начального уровня, возвращается к нему же — это цикл; повторяющиеся циклы создают ритм. Колебания называют ритмическими, если они повторяются не менее 3–5 раз и их параметры при этом сохраняются [10]. Такие временные ряды и являются предметом хронобиологических исследований. Принадлежность ритмов к различным частотным группам, изменение их амплитудно-фазовых характеристик при экзо- и эндогенных воздействиях, смена сезонов и широтные перемещения создают трудности при интерпретации результатов хронобиологических проектов.

Цель нашего исследования. Разработать поправки при анализе временных рядов физиологических и демографических показателей населения с учётом географических различий фотопериода.

МЕТОДЫ

Изучением временной организации биологических ритмов в течение многих лет занимаются отечественные [11–14] и зарубежные учёные [15, 16]. Результаты этих исследований обобщены в ряде монографий [17, 18]. Основным инструментом для хронобиологов многие годы являлся косинор-анализ, предложенный Ф. Халбергом (1969) [19]. Он используется в хронобиологии и хрономедицине [20, 21], но исследования, направленные на изучение ультра- и инфраничных составляющих, способствовали поиску и применению новых методов анализа ритмических колебаний.

В то время как задача регистрации физиологических параметров технически решена, проблема математической обработки результатов и их интерпретации нуждается в дальнейшем изучении. Проблемы расшифровки

материалов длительной регистрации связаны со сложностью структуры получаемых данных, образованных суперпозицией различных ритмов вкупе с разного рода трендами и флуктуациями. Так, спектральный анализ приводит к функциям одной переменной, но только при варианте стационарной модели процесса, что не всегда выполнимо в клинических условиях. Серьёзным ограничением методов спектрального анализа является его слабое разрешение в области низких частот, что затрудняет выявление продолжительных временных колебаний с периодом в сотни и тысячи лет. Обозначенные выше факторы обуславливают переход к более сложному математическому аппарату, такому как разложение на эмпирические моды [22], модели авторегрессии и скользящего среднего [23].

Одним из часто применяющихся методов является спектрально-временной анализ [24], а также его модификации по спектрально-корреляционному анализу временных рядов и взаимному анализу временных рядов [25]. Некоторые исследователи применяют анализ сингулярного спектра, который предполагает трансформацию одномерного временного ряда в многомерный ряд и использование в дальнейшем метода главных компонент [26].

В последнее время обработку временных рядов проводят с помощью вейвлет-анализа. Вейвлет (*англ.* wavelet небольшая волна, рябь) — это функция, позволяющая анализировать частотные компоненты данных. Вейвлет-спектрограммы принципиально отличаются от обычных спектров Фурье тем, что дают чёткую привязку спектра сигналов ко времени [27].

Наблюдаются отличия в характеристиках биологических ритмов у детей и пожилых людей [28], мужчин и женщин [29], здоровых и больных [13]. Сезон наблюдения и продолжительность исследования также имеют значение. Очень важна точка отсчёта начала ритма: астрономическая (00 ч 00 мин) или социальная (8–9 ч утра). Регламент исследований будет зависеть от объекта: вид; особь/индивидуум; популяция/коллектив; уровень организации (семья/школа/фирма/завод/страна/цивилизация).

В работе проанализированы результаты исследований биологических ритмов, в том числе при помощи авторских программ, использующих вейвлет-анализ [30] и определяющих фотопериодическую устойчивость хронотипа [31] при адаптации к условиям северного региона [32], сменной работе [33–37] в норме [38], соматической [39] и психической патологии [40, 41]. Проведена оценка многолетних демографических ритмов населения, проживающего в различных регионах России [42–44].

РЕЗУЛЬТАТЫ

При вейвлет-анализе некоторых биологических и демографических параметров зачастую обнаруживаются один или несколько более высокоэнергетических значимых ритмов и несколько незначимых. В такой ситуации,

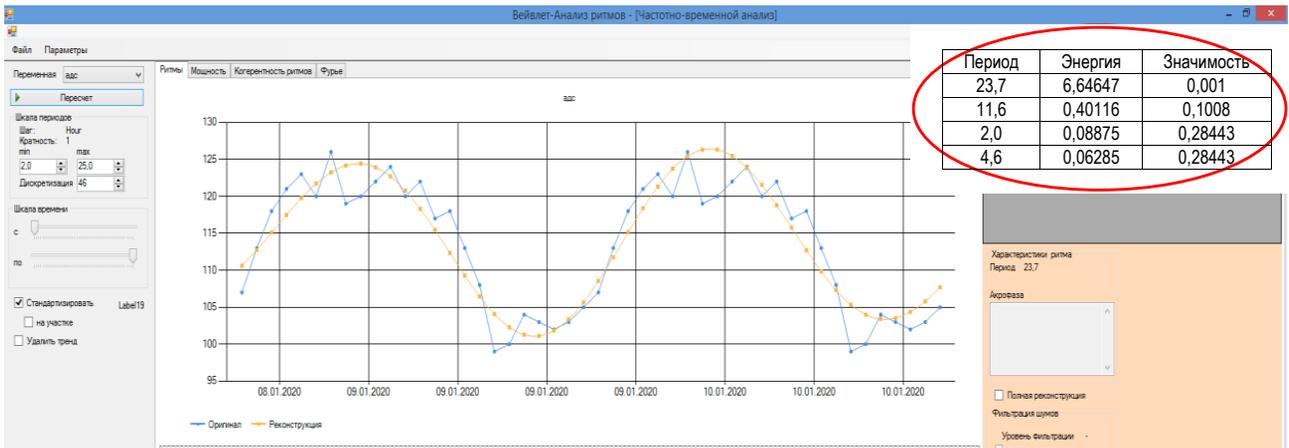


Рис. 1. Фрагмент скриншота результатов вейвлет-анализа многолетней вариабельности обрацаемости в службу «Скорая медицинская помощь» в г. Ханты-Мансийске.

Fig. 1. A fragment of a screenshot of the results of wavelet analysis of ambulance calls in Khanty-Mansiysk.

с одной стороны, можно говорить о зашумлённости и обозначать это состояние как «коэффициент зашумлённости сигнала» (отношение значимого ритма/ритмов к незначимым). В приведённом примере на рис. 1 этот коэффициент составляет $1/3=0,33$. С другой стороны, возникает вопрос о «степени полиритмичности» как о количестве значимых ритмов в данном временном ряду. На рис. 2 у мужчин «степень полиритмичности» составляет 4, у женщин — 6.

И та, и другая формы нарушения/модификации ритмической структуры могут наблюдаться при различных эндо- и экзогенных воздействиях: от нарушений систем

регуляции показателя (стресс, болезнь) [13] до внешних модулирующих воздействий (гелиоклиматические факторы) [39].

Вейвлет-анализ позволяет судить, как меняется спектральный состав временного ряда со временем, так как разложение сигнала производится в плоскости wavelet-коэффициентов (масштаб–время–уровень, *англ.* scale–time–amplitude). По этой причине при рассмотрении всего периода наблюдений необходимо отслеживать, имеет ли место постоянный ритм (рис. 3, а) или наблюдается кратковременная ритмическая активность (рис. 3, б) на фоне постоянного ритма.

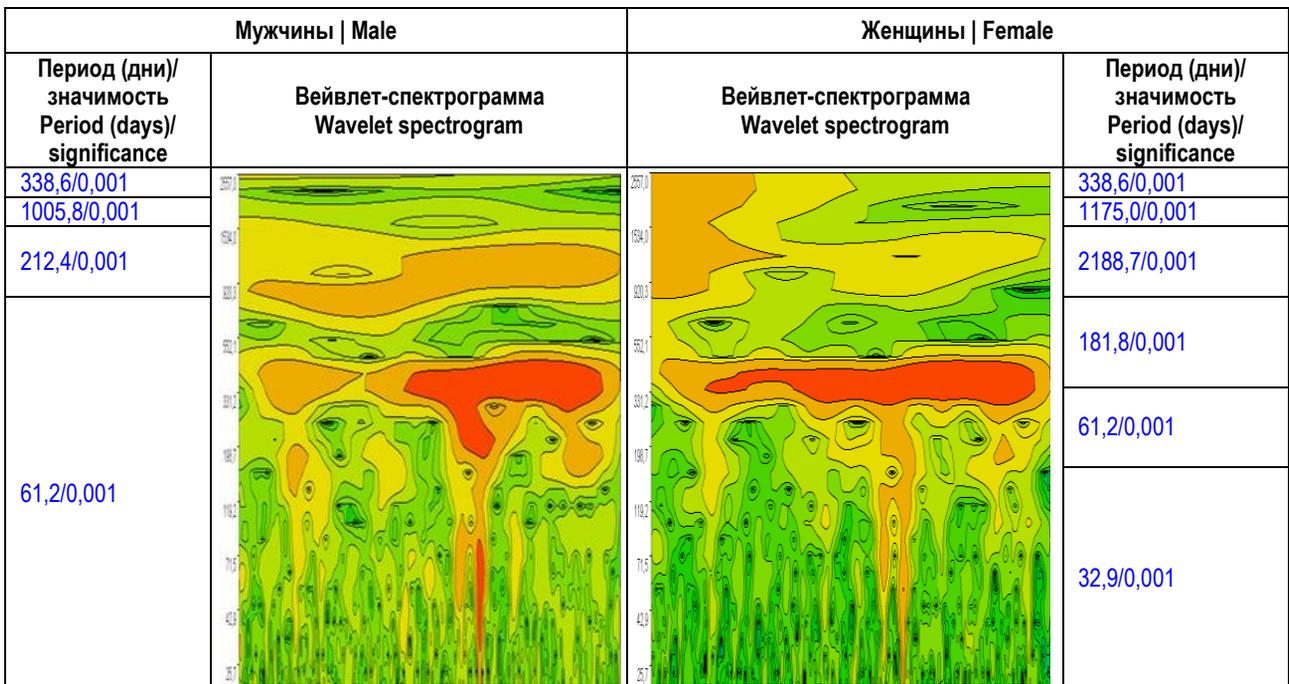


Рис. 2. Количество значимых ритмов возникновения обострения заболеваний у мужчин и женщин по данным обрацаемости в службу «Скорая медицинская помощь» населения г. Ханты-Мансийска.

Fig. 2. The number of significant rhythms of disease exacerbation in men and women according to the data on ambulance calls in Khanty-Mansiysk.

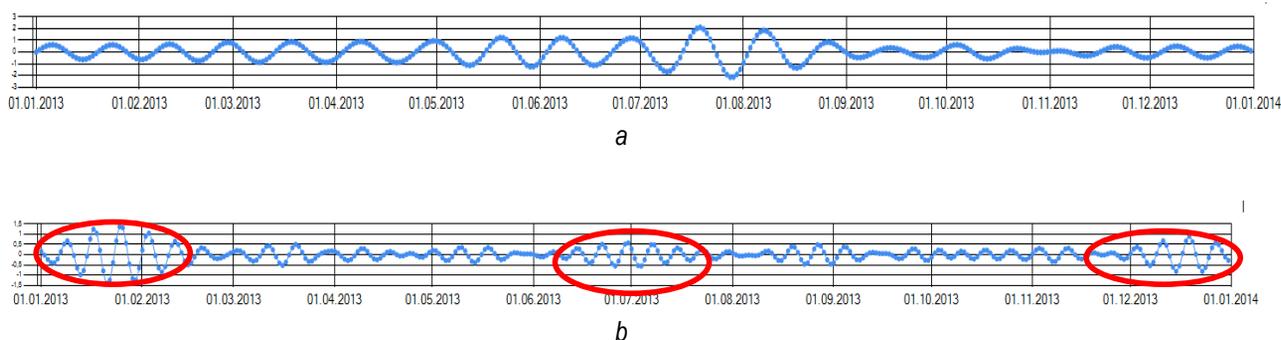


Рис. 3. Примеры постоянных и вставочных (квантованных) ритмов: *a* — окологодная вариабельность относительной влажности воздуха с одним периодом (7,8 сут), но с изменением амплитуды колебаний; *b* — сезонные квантованные (вставочные) ритмы температуры воздуха в г. Ханты-Мансийске в 2013 году.

Fig. 3. Examples of constant and intercalary (quantized) rhythms: *a* — circannual variability of relative humidity with one period (7.8 days), but with a change in the amplitude of oscillations; *b* — seasonal quantized (inserted) rhythms of air temperature in Khanty-Mansiysk in 2013.

Кратковременные ритмы, которые встраиваются в основную ритмическую организацию, предлагается называть «вставочными» по аналогии со вставочными экстрасистолами, или «квантованными», используя физико-математическую терминологию. Наличие этих «всплесков» ритмической активности (термин, предложенный К.И. Осколковым [45]) предполагает расчёт «индекса нестабильности ритма» как отношения продолжительности вставочного ритма к наблюдаемому периоду. Например, за годовой период отмечается значимая циркасеппанная (околонедельная) активность показателя только в течение четырёх месяцев, а значит, индекс нестабильности составляет $4/12=0,33$, и это только при одном «вставочном», или «квантованном», ритме (см. рис. 3, *b*).

Одним из методов оценки адекватности хронобиологического паттерна человека или популяции является определение уровня десинхронизации [46]. Эндогенный и экзогенный, острый и хронический, физиологический и патологический, явный и скрытый, центральный и периферический, природный и социальный — это лишь некоторые варианты десинхронизации в многообразии деятельности человека в окружающем его мире. Многие исследователи предлагают свои методы качественной и количественной оценки десинхронизации. Сравняются вечерние и утренние значения биохимических показателей, применяются амплитудно-фазовые характеристики ритмов, ультрадианности, балльная оценка риска развития десинхронизации.

Основными экзогенными синхронизаторами ритмов являются смена дня и ночи, сезонные и годовые колебания геофизических факторов, что необходимо учитывать в исследованиях закономерностей кратковременной и долговременной адаптации человека при воздействии экстремальных внешних факторов и реакции на широтное перемещение. При многолетних хронобиологических исследованиях в разных регионах России [47] приходится сталкиваться с последствиями влияния изменённого фотопериода на структуру ритмов, в том числе и в зависимости

от хронотипа обследуемых [37]. Это делает необходимым учёт особенностей режима естественной освещённости на конкретной территории.

В качестве поправки при сравнении результатов исследований, различающихся в географическом и временном аспектах, предлагаем использовать понятие «фотопериодический широтный коэффициент». Он представляет собой нормальный логарифм отношения продолжительности дня и ночи в конкретной географической точке, что можно отследить на астрономических сайтах (табл. 1), к дате исследования.

Колебания коэффициента показывают, что в высоких широтах (Мурманск, $68^{\circ}58'45''$ N) он будет изменяться от $-\infty$ в день зимнего солнцестояния (полярная ночь) до $+\infty$ в день летнего солнцестояния (полярный день). В средних (Москва, $55^{\circ}45'0''$ N) и южных (Владикавказ, $43^{\circ}02'12''$ N) широтах России фотопериодический коэффициент будет приобретать отрицательные значения в период зимнего и положительные — в период летнего солнцестояния. При переходе в Южное полушарие (Порт-Луи, о. Маврикий, $20^{\circ}10'58''$ S) наблюдается инверсия знака: коэффициент будет положительным зимой и отрицательным летом. Изменения логарифма отношения «день/ночь» в дни осеннего и весеннего равноденствий можно не учитывать, поскольку их колебания в описываемых широтах незначительны, так же как и в дни солнцестояния, когда ∞ при умножении даёт ∞ , при делении получается ноль (см. табл. 1).

Применение данного поправочного коэффициента может выглядеть следующим образом при использовании формулы оценки десинхронизации (*D*) по характеристикам ритма [33]:

$$D = \text{УИ} \left(\frac{AT1+AT2+AT3+AT4+AT5}{(K1+K2+K3+K4=K5)} - \Delta M \right) \times 100,$$

где: УИ — ультрадианный индекс, определяемый как отношение единицы к количеству достоверно вычисленных ритмов;

Таблица 1. Примеры динамики фотопериодического широтного коэффициента в зависимости от географической широты и сезона 2022 года**Table 1.** Examples of the dynamics of the photoperiodic latitudinal coefficient across latitudes and seasons in 2022

Город (широта) City (latitude)	Осеннее равноденствие (23 сентября)		Зимнее солнцестояние (22 декабря)		Весеннее равноденствие (20 марта)		Летнее солнцестояние (21 июня)	
	Autumn equinox (September 23)		Winter solstice (December 22)		Spring equinox (March 20)		Summer solstice (June 21)	
	день/ночь day/nights	ln	день/ночь day/nights	ln	день/ночь day/nights	ln	день/ночь day/nights	ln
Мурманск, Россия Murmansk, Russia (68°58'45" N)	12:11/11:49	0,03	00:00/24:00	−(∞)	12:21/11:39	0,05	24:00/00:00	+(∞)
Москва, Россия Moscow, Russia (55°45'0" N)	12:08/11:52	0,02	07:00/17:00	−0,88	12:14/11:46	0,03	17:34/04:24	1,38
Владикавказ, Россия Vladikavkaz, Russia (43°02'12" N)	12:07/11:53	0,01	09:03/16:57	−0,62	12:10/11:50	0,02	15:25/08:35	0,59
Порт-Луи, о. Маврикий Port Louis, Mauritius (20°10'58" S)	12:06/11:54	0,01	13:23/10:37	0,23	12:08/11:52	0,02	10:57/13:03	−0,18

Таблица 2. Примерные значения фотопериодического широтного коэффициента в виде нормального логарифма (ln) в зависимости от географической широты в периоды зимнего и летнего солнцестояния**Table 2.** Approximate values of the photoperiodic latitude coefficient in the form of a normal logarithm (ln) across latitudes during the winter and summer solstices

Географическая широта Latitude	Зимнее солнцестояние Winter solstice		Летнее солнцестояние Summer solstice	
	день/ночь day/nights	ln	день/ночь day/nights	ln
80° с. ш. N	00:00/24:00	−∞	24:00/00:00	+∞
70° с. ш. N, Норильск Norilsk	00:00/24:00	−∞	24:00/00:00	+∞
60° с. ш. N, Ханты-Мансийск Khanty-Mansiysk	18:59/05:01	1,33	05:16/18:44	−1,27
50° с. ш. N, Воронеж Voronezh	16:31/07:29	0,79	07:38/16:22	−0,76
40° с. ш. N, Дербент Derbent	09:00/15:00	0,52	15:07/08:53	0,53

Таблица 3. Динамика фотопериодического широтного коэффициента в виде нормального логарифма (ln) в зависимости от даты исследования в 2023 году**Table 3.** Dynamics of the photoperiodic latitude coefficient in the form of a normal logarithm (ln) depending on the date of the study in 2023

Город (широта) City (latitude)	Продолжительность светового дня Duration of daylight											
	Месяцы Months											
	01.01	01.02	01.03	01.04	01.05	01.06	01.07	01.08	01.09	01.10	01.11	01.12
Ханты-Мансийск Khanty-Mansiysk (60° с. ш. N)	05:28	07:36	10:14	13:11	15:59	18:23	18:50	16:52	14:05	11:18	08:24	05:57
ln	−1,22	−0,77	−0,30	0,20	0,69	1,19	1,29	0,86	0,35	−0,12	−0,62	−1,11
Дербент Derbent (40° с. ш. N)	09:04	09:55	11:09	12:37	13:57	14:55	15:04	14:19	13:03	11:39	10:15	09:13
ln	−0,50	−0,35	−0,14	0,10	0,33	0,50	0,52	0,39	0,18	−0,06	−0,29	−0,47

АТ — амплитудно-периодный коэффициент, определяемый как отношение амплитуды ритма к его периоду; $K=d+\Delta A_k$ — градиент смещения акрофазы (A_k) ритма, где d — доверительный интервал акрофазы; $\Delta A_k=f(x)-f(x+\Delta x)$, где x — исходное (или нормативное) значение A_k , Δx — зарегистрированное после воздействия стресс-фактора; $\Delta M=(u+\Delta u)$ — величина изменения средне-суточного уровня (мезора), где u — исходный уровень мезора; Δu — величина мезора после воздействия стресс-фактора.

Пример 1

В ходе исследования в г. Ханты-Мансийске (61°00'15" N) в зимний период (03.12.2021 г.) при появлении ультрадианных ритмов, но незначительном приросте мезора уровень десинхроноза составляет 15 усл. ед. Фотопериодический широтный коэффициент при заданных координатах и дате равен $-1,084$. Уровень десинхроноза при умножении на фотопериодический широтный коэффициент равняется $-16,26$ усл. ед.

Пример 2

При исследовании в г. Владикавказе (43°02'13" N) в эту же дату (03.12.2021 г.) уровень десинхроноза ниже за счёт отсутствия ультрадианных ритмов, меньшего амплитудно-периодного коэффициента и фазового сдвига, и составляет 4,61 усл. ед. Фотопериодический широтный коэффициент составляет $-0,467$. Уровень десинхроноза при умножении на фотопериодический широтный коэффициент равняется $-2,15$ усл. ед.

Пример 3

Применение фотопериодического широтного коэффициента (табл. 2) возможно при изучении интегральных величин, указывающих на состояние организма и уровень десинхроноза.

Пример 4

Увеличение и уменьшение светового дня на разных широтах происходит с различной скоростью, поэтому необходимо оценивать динамику поправки на фотопериод в зависимости от даты проведения исследований (табл. 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью стандартизации и ранжирования межсезонных, межрегиональных исследований (физиология перемещений, вахтовый труд) в хронофизиологическом формате предлагается использование расчётного

«фотопериодического широтного коэффициента». Применение для анализа ритмов вейвлет-преобразования с целью повышения точности результатов предполагает использование в интерпретации результатов «коэффициента зашумлённости сигнала», оценку «степени полиритмичности» и «индекса нестабильности ритма» при наличии «вставочных», или «квантованных», ритмов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

Вклад авторов: О.Н. Рагозин — существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, редактирование и окончательное утверждение рукописи; П.Б. Татаринцев — существенный вклад в математический анализ результатов исследования; А.Б. Гудков — существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, редактирование первого варианта статьи; И.А. Погоньшева — анализ данных, составление электронной базы исследования; Е.Ю. Шаламова — набор первичного материала, подготовка первого варианта статьи; Д.А. Погоньшев — набор первичного материала, составление электронной базы исследования; А.А. Бейсембаев — анализ данных. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Authors' contribution: O.N. Ragozin — a significant contribution to the concept and design of the study, editing and final approval of the manuscript; P.B. Tatarinzev — a significant contribution to the mathematical analysis; A.B. Gudkov — a significant contribution to the concept and design of the study, editing the first draft; I.A. Pogonyshcheva — data analysis, compilation of the electronic database of the study; E.Yu. Shalamova — a set of primary material, preparation of the first draft; D.A. Pogonyshchev — a set of primary material, compilation of the electronic database of the study; A.A. Beisembaev — data analysis. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria. All authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication.

Источник финансирования. Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда и Правительства ХМАО — Югры № 22–15–20023 (<https://rscf.ru/project/22-15-20023/>).

Funding sources. The study was supported by the Russian Science Foundation and the Government of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug — Yugra (Grant # 22–15–20023, <https://rscf.ru/project/22-15-20023/>).

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Competing interests. The authors confirm that there is no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комаров Ф.И., Рапопорт С.И. Хронобиология и хрономедицина. Москва : Триада-Х, 2000. 488 с.
2. Dunlap J.C., Loros J.J., De Coursey P.J. Chronobiology: biological timekeeping. Sinauer Associates Inc. Sunderland. Massachusetts, 2003. 382 p.
3. Рапопорт С.И., Чибисов С.М., Бреус Т.К., и др. Хронобиология и хрономедицина / под ред. С.М. Чибисова, С.И. Рапопорта, М.Л. Благодрава. Москва : РУДН, 2018. 822 с.
4. Путилов А.А. Камо грядеши, хронопсихология? // Журнал высшей нервной деятельности. 2021. Т. 71, № 2. С. 244–269. doi: 10.31857/S004446772102009X
5. Ермаков Л.Н. Биологические ритмы в популяционной регуляции (приглашение к дискуссии) // Успехи современной биологии. 2018. Т. 138, № 3. С. 312–320. doi: 10.7868/S0042132418030092
6. Анохов И.В. Трудовые и производственные волны, циклы и ритмы в деятельности фирмы как результат воздействия внешнего импульса // Экономика труда. 2019. Т. 6, № 1. С. 39–56. doi: 10.18334/et.6.1.40458
7. Дещеревский А.В., Журавлев В.И., Никольский А.Н., Сидорин А.Я. Анализ ритмов в экспериментальных сигналах // Геофизические процессы и биосфера. 2017. Т. 16, № 2. С. 55–73. doi: 10.21455/GPB2017.2-2
8. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. Москва : Мир, 1976. 755 с.
9. Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование. Москва : Финансы и статистика, 2001. 226 с.
10. Hildebrandt G., Moser M., Lehofer M. Chronobiologie und chronomedizin. Stuttgart, 2002. 213 p.
11. Агаджанян Н.А., Шабатура Н.Н. Биоритмы, спорт, здоровье. Москва : Физкультура и спорт, 1989. 207 с.
12. Емельянов И.П. Формы колебаний в биоритмологии. Новосибирск : Наука. Сибирское отделение, 1976. 127 с.
13. Зенина О.Ю., Макарова И.И., Игнатова Ю.П., Аксенова А.В. Хронофизиология и хронопатология сердечно-сосудистой системы (обзор литературы) // Экология человека. 2017. Т. 24, № 1. С. 25–33. doi: 10.33396/1728-0869-2017-1-25-33
14. Кокорина Н.В., Татаринцев П.Б., Касаткин А.М. Применение дендрохроноиндикационных методов в оценке воздействия сжигания попутного нефтяного газа на хвойные породы в условиях средней тайги Западной Сибири // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2015. Т. 25, № 1. С. 19–23.
15. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Принципы и управление. Москва : Мир, 1974. 197 с.
16. Кендал М., Стьюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды / под ред. А.Н. Колмогорова, Ю.В. Прохорова. Москва : Наука, 1976. 736 с.
17. Карп В.П., Катинас Г.С. Вычислительные методы анализа в хронобиологии и хрономедицине. Санкт-Петербург : Восточная корона, 1997. 115 с.
18. Катинас Г.С., Чибисов С.М., Халаби Г.М., Дементьев М.В. Аналитическая хронобиология / под ред. С.М. Чибисова. Москва-Бейрут, 2017. 224 с.
19. Хальберг Ф. Хронобиология // Кибернетический сборник. 1972. № 9. С. 189–247.
20. Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н., Нопин С.В., Погулева Л.Г. Биологические ритмы в спорте: методы исследования и анализа. Ессентуки : ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, 2017. 32 с.
21. Nelson W., Tong Y.L., Lee J.K., Halberg F. Methods for cosinorhythmometry // Chronobiologia. 1979. V. 6, N 4. P. 305–323.
22. Богачев М.И., Каюмов А.Р., Красичков А.С., Маркелов О.А. Математические методы выявления регулярных и статистических закономерностей в биомедицинских и экологических данных большого объема. Санкт-Петербург : Издательство СПбГЗТУ «ЛЭТИ», 2012. 176 с.
23. Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница» / под ред. Д.Л. Данилова, А.А. Жиглявского. Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет, 1997. 308 с.
24. Гамбурцев А.Г., Александров С.И., Беляков А.С., и др. Атлас временных вариаций природных процессов. Москва : Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, 1994. 176 с.
25. Витязев В.В. Спектрально-корреляционный анализ равномерных временных рядов. Санкт-Петербург : Издательство Санкт-Петербургского университета, 2001. 48 с.
26. Петров В.А., Савин А.С., Хохлов А.А., Четов А.И. Анализ временных рядов методом «Гусеница»-SSA в BigData // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем»; Апрель 20–24, 2015; Москва. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26574829>
27. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. Москва : СОЛОН-Пресс, 2004. 440 с.
28. Чернилевский В.Е. Участие биоритмов организма в процессах развития и старения. Гипотеза резонанса. В кн.: Доклады МОИП. Москва : Мультипринт, 2008. С. 123–139.
29. Матюхин В.А., Кривошеков С.Г., Демин Д.В. Физиология перемещений человека и вахтовый труд. Новосибирск : Новосибирское отделение издательства «Наука», 1986. 200 с.
30. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2014611398 от 03.02.2014 г. Рагозин О.Н., Бочкарев М.В., Косарев А.Н., и др. Программа исследования биологических ритмов методом вейвлет-анализа.
31. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2019661664 от 05.09.2019 г. Рагозин О.Н., Шаламова Е.Ю., Татаринцев П.Б. Калькулятор фотопериодической устойчивости.
32. Радыш И.В., Рагозин О.Н., Шаламова Е.Ю. Биоритмы, качество жизни, здоровье. Москва : РУДН, 2016. 457 с.
33. Симонов В.Н., Бочкарев М.В., Рагозин О.Н. Десинхронизация гемодинамических параметров при сменной работе // Ульяновский медико-биологический журнал. 2011. № 4. С. 84–89.
34. Бочкарев М.В., Симонов В.Н., Рагозин О.Н. Влияние сменной работы на функциональную активность эпифиза в сезонные изменения фотопериода, характерного для северного региона // Владикавказский медико-биологический вестник. 2012. Т. 14, № 22. С. 32–35.

35. Бочкарев М.В., Симонов В.Н., Рагозин О.Н., Радыш И.В. Временная организация параметров центральной гемодинамики у людей с различной продолжительностью рабочей смены в периоды измененного фотопериодизма // Технологии живых систем. 2012. Т. 9, № 4. С. 20–24.
36. Симонов В.Н., Бочкарев М.В., Рагозин О.Н. Сочетанное влияние сменной работы и измененного фотопериода северного региона на здоровье человека // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2012. № 57. С. 196–197.
37. Рагозин О.Н., Гудков А.Б., Шаламова Е.Ю., и др. Фотопериодическая устойчивость и распределение хронотипов у молодых жителей Севера при разной организации деятельности // Экология человека. 2022. Т. 29, № 9. С. 653–661. doi: 10.17816/humeco106583
38. Шаламова Е.Ю., Рагозин О.Н., Сафонова В.Р. Биоритмологические особенности и элементы десинхроноза параметров центральной гемодинамики у студентов северного медицинского вуза // Экология человека. 2016. Т. 23, № 6. С. 26–32. doi: 10.33396/1728-0869-2016-6-26-32
39. Рагозин О.Н., Радыш И.В., Бреус Т.К. Гелиоклиматические факторы и хронопатология северного региона. В кн.: Хронобиология и хрономедицина / под ред. С.М. Чибисова, С.И. Рапопорта, М.Л. Благодрава. Москва, 2018. С. 134–166.
40. Рагозин О.Н., Бочкарев М.В., Сметаненко Т.В. Динамика психоэмоциональных компонентов личности у жителей Севера при измененной функциональной активности эпифиза в условиях короткого светового дня // Психофармакология и биологическая наркологию. 2008. Т. 8, № 1–2–2. С. 2376.
41. Кот Т.Л., Рагозин О.Н. Сезонная динамика ритмов параметров центральной гемодинамики у больных с депрессивными расстройствами, проживающих в северном регионе // Психиатрия, психотерапия и клиническая психология. 2014. № 3. С. 98–104.
42. Рагозин О.Н., Петров И.М., Кривых Е.А., и др. Географические и социальные особенности временных вариаций смертности в различных регионах России // Медицинская наука и образование Урала. 2019. Т. 20, № 3. С. 146–149.
43. Рагозин Р.О., Чурсина И.И., Рагозин О.Н., Шаламова Е.Ю. Многолетние демографические ритмы коренного и пришлого населения ХМАО — Югры // Вестник угроведения. 2020. Т. 10, № 2. С. 390–397. doi: 10.30624/2220-4156-2020-10-2-390-397
44. Рагозин О.Н., Радыш И.В., Шаламова Е.Ю., и др. Климат — здоровье — демография: ритмы вокруг нас результаты многолетнего исследования в ХМАО — Югре. Москва : РУДН, 2021. 177 с.
45. Новиков И.Я., Стечкин С.Б. Основы теории всплесков // Успехи математических наук. 1998. Т. 53, вып. 6. С. 53–128.
46. Агаджанян Н.А., Губин Д.Г. Десинхроноз: механизмы развития от молекулярно-генетического до организменного уровня // Успехи физиологических наук. 2004. Т. 35, № 2. С. 57–72.
47. Бочкарев М.В., Симонов В.Н., Рагозин О.Н., Радыш И.В. Временная организация параметров центральной гемодинамики у людей с различной продолжительностью рабочей смены в периоды измененного фотопериодизма // Технологии живых систем. 2012. Т. 9, № 4. С. 20–24.

REFERENCES

1. Komarov FI, Rapoport SI. *Hronobiologija i hronomedicina*. Moscow: Triada-H; 2000. 488 p. (In Russ).
2. Dunlap JC, Loros JJ, De Coursey PJ. *Chronobiology: biological timekeeping*. Sinauer Associates Inc. Sunderland. Massachusetts; 2003. 382 p.
3. Rapoport SI, Chibisov SM, Breus TK, i dr. *Chronobiologija i hronomedicina: monographia*. Chibisov SM, Rapoport SI, Blagonravov ML, editors. Moscow: RUDN, 2018. 822 p. (In Russ).
4. Putilov AA. Quō vādīs, chronopsychology? *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti imeni I.P. Pavlova*. 2021;71(2):244–269. (In Russ). doi: 10.31857/S004446772102009X
5. Erdakov LN. Biologicheskie ritmy v populjacionnoj reguljácii (priglasenie k diskussii). *Uspehi sovremennoj biologii*. 2018;138(3):312–320. (In Russ). doi: 10.7868/S0042132418030092
6. Anokhov IV. Labor and industrial waves, cycles and rhythms in the activities of the company as a result of exposure to external shock. *Russian Journal of Labor Economics*. 2019;6(1):39–56. (In Russ). doi: 10.18334/et.6.1.40458
7. Desherevskii AV, Zhuravlev VI, Nikolsky AN, Sidorin AY. Analysis of rhythms in experimental signals. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2017;53(8):847–858. (In Russ). doi: 10.21455/GPB2017.2-2
8. Anderson TV. *Statisticheskij analiz vremennyh rjadov*. Moscow: Mir; 1976. 755 p. (In Russ).
9. Afanas'ev VN, Juzbashev MM. *Analiz vremennyh rjadov i prognozirovanie*. Moscow: Finansy i statistika; 2001. 226 p. (In Russ).
10. Hildebrandt G, Moser M, Lehofer M. *Chronobiologie und chronomedizin*. Stuttgart; 2002. 213 p.
11. Agadzhanjan NA, Shabatura NA. *Bioritmy, sport, zdorov'e*. Moscow: Fizkul'tura i sport; 1989. 207 p. (In Russ).
12. Emel'janov IP. *Formy kolebanij v bioritmologii*. Novosibirsk: Nauka. Sibirskoe otdelenie; 1976. 127 p. (In Russ).
13. Zenina OYu, Makarova II, Ignatova YuP, Aksenova AV. Chronophysiology and chronopathology of cardiovascular system (literature review). *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2017;24(1): 25–33. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2017-1-25-33
14. Kokorina NV, Tatarintcev PB, Kasatkin AM. Application of dendrochronoincination methods to estimate the influence of associated gas burning on coniferous species in west-Siberian middle taiga. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2015;25(1):19–23. (In Russ).
15. Boks Dzh, Dzhenkins G. *Analiz vremennyh ryadov: prognoz i upravlenie*. Moscow: Mir; 1974. 197 p. (In Russ).
16. Kendal M, St'juart A. *Mnogomernyj statisticheskij analiz i vremennye rjady*. Kolmogorova AN, Prohorova JuV, editors. Moscow: Nauka; 1976. 736 p. (In Russ).
17. Karp VP, Katinas GS. *Vychislitel'nye metody analiza v hronobiologii i hronomedicine*. Saint Petersburg: Vostochnaja korona; 1997. 115 p. (In Russ).
18. Katinas GS, Chibisov SM, Halabi GM, Demytyev MV. *Analiticheskaja hronobiologija*. Moskva-Bejrut; 2017. Chibisov SM, editor. 224 p. (In Russ).

19. Halberg F. Hronobiologija. *Kiberneticheskij sbornik*. 1972;(9):189–247. (In Russ).
20. Korjagina JuV, Ter-Akopov GN, Nopin SV, Roguleva LG. *Biologicheskie ritmy v sporte: metody issledovaniya i analiza*. Essentuki: FGBU SKFNKC FMBA Rossii; 2017. 32 p. (In Russ).
21. Nelson W, Tong YL, Lee JK, Halberg F. Methods for cosinor-rhythmometry. *Chronobiologia*. 1979;6(4):305–323.
22. Bogachev MI, Kajumov AR, Krasichkov AS, Markelov OA. *Matematicheskie metody vyjavleniya reguljarnyh i statisticheskikh zakonomernostej v biomedicinskih i jekologicheskikh dannyh bol'shogo obema*. Saint Petersburg: «LETI»; 2012. 151 p. (In Russ).
23. *Glavnye komponenty vremennyh ryadov: metod «Gusenica»*. Danilova DL, Zhigljavskogo AA, editors. Saint Petersburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet; 1997. 307 p. (In Russ).
24. Gamburtcev AG, Aleksandrov SI, Belyakov AS, i dr. *Atlas of natural processes*. Moscow: Institut fiziki Zemli im. OJu Shmidta RAN; 1994. 176 p. (In Russ).
25. Vitjazev VV. *Spektral'no-korreljacionnyj analiz ravnomernyh vremennyh ryadov*. Saint Petersburg: Izdatel'stvo Sankt-Peterburgskogo universiteta; 2001. 48 p. (In Russ).
26. Petrov VA, Savin AS, Hohlov AA, Chetov AI. Analiz vremennyh ryadov metodom "Gusenica"-SSA v BigData. *Materialy Vserossijskoj konferencii s mezhduнародnym uchastiem "Informacionno-telekommunikacionnye tehnologii i matematicheskoe modelirovanie vysokotekhnologichnyh system"*; 2015 Apr 20–24; Moscow. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26574829> (In Russ).
27. D'jakonov VP. *Vejvlety. Ot teorii k praktike*. Moscow: SOLON-Press; 2004. 440 p. (In Russ).
28. Chernilevskij VE. *Uchastie bioritmov organizma v processah razvitiya i starenija. Gipoteza rezonansa*. In: Doklady MOIP. Moscow: Mul'tiprint; 2008. P. 123–139. (In Russ).
29. Matjuhin VA, Krivoshekov SG, Demin DV. *Fiziologija peremeshchenij cheloveka i vahtovyj trud*. Novosibirsk: Novosibirskoe otdelenie izdatel'stva "Nauka"; 1986. 200 p. (In Russ).
30. Svidetel'stvo o registracii programmy dlja JeVM RU 2014611398 ot 03.02.2014 g. Ragozin ON, Bochkarev MV, Kosarev AN, et al. *Programma issledovaniya biologicheskikh ritmov metodom vejvlet-analiza*. (In Russ).
31. Svidetel'stvo o registracii programmy dlja JeVM 2019661664 ot 05.09.2019 g. Ragozin ON, Shalamova EJu, Tatarincev PB. *Kal'kuljator fotoperiodicheskoj ustojchivosti*. (In Russ).
32. Radysh IV, Ragozin ON, Shalamova EJu. *Bioritmy, kachestvo zhizni, zdorov'e*. Moscow: RUDN; 2016. 457 p. (In Russ).
33. Simonov VN, Bochkarev MV, Ragozin ON. Desynchronization hemodynamic parameters of shift work. *Ulyanovsk Medico-biological Journal*. 2011;(4):84–89. (In Russ).
34. Bochkarev MV, Simonov VN, Ragozin ON. The effect of shift work on the epiphysis functional activity while the seasonal changes of photoperiod, specific for the northern region. *Vladikavkazskij mediko-biologicheskij vestnik*. 2012;14(22):32–35. (In Russ).
35. Bochkarev MV, Simonov VN, Ragozin ON, Radysh IV. Time organisation of central hemodynamic parameters of people with different shifts in periods of the changed photoperiodism. *Technologies of living systems*. 2012;9(4):20–24. (In Russ).
36. Simonov VN, Bochkarev MV, Ragozin ON. Combined effects of shift work and the changed photoperiod of the northern region on human health. *RUDN Journal of Medicine*. 2012;S(7):196–197. (In Russ).
37. Ragozin ON, Gudkov AB, Shalamova EJ, et al. Photoperiodic stability and distribution of chronotypes in young residents of the north with different organization of activities. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(9):653–661. (In Russ). doi: 10.17816/humeco106583
38. Shalamova EJu, Ragozin ON, Safonova VR. Biorhythmological particulars and elements of the desynchronization of the central hemodynamics parameters in the students of the northern medical higher educational institution. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2016;23(6):26–32. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2016-6-26-32
39. Ragozin ON, Radysh IV, Breus TK. Gelioklimaticheskie faktory i hronopatologija severnogo regiona. In: *Hronobiologija i hronomedicina*. Chibisov SM, Rapoport SI, Blagonravov ML, editors. Moscow; 2018. P. 134–166. (In Russ).
40. Ragozin ON, Bochkarev MV, Smetanenkov TV. Dinamika psihosjemoacional'nyh komponentov lichnosti u zhiteljev Severa pri izmenennoj funkcional'noj aktivnosti jepifiza v uslovijah korotkogo svetovogo dnja. *Psychopharmacology and biological narcology*. 2008;8(1-2-2):2376. (In Russ).
41. Kot T, Ragozin O. Seasonal dynamics of rhythms parameters of central hemodynamics in patients with depression disorders living in the northern region. *Psychiatry, Psychotherapy and Clinical Psychology*. 2014;(3):98–104. (In Russ).
42. Ragozin ON, Petrov IM, Krivykh EA, et al. Geographical and social features of mortality temporal variations in different regions of Russia. *Medical Science and Education of Ural*. 2019;20(3):146–149. (In Russ).
43. Ragozin RO, Chursina II, Ragozin ON, Shalamova EYu. Long-term demographic rhythms of indigenous and alien population of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug — Yugra. *Bulletin of Ugric Studies*. 2020;10(2):390–397. (In Russ). doi: 10.30624/2220-4156-2020-10-2-390-397
44. Ragozin ON, Radysh IV, Shalamova EYu, et al. *Klimat — zdorov'e — demografija: ritmy vokrug nas rezul'taty mnogoletnego issledovaniya v HMAO — Jugre*. Moscow: RUDN, 2021. 177 p. (In Russ).
45. Novikov IJa, Stechkin SB. Osnovy teorii vspleskov. *Uspekhi matematicheskikh nauk*. 1998;53(6):53–128. (In Russ).
46. Agadjanyan NA, Gubin DG. Desynchronization: mechanisms of development from molecular to systemic levels. *Progress in Physiological Science*. 2004;35(2):57–72. (In Russ).
47. Bochkarev MV, Simonov VN, Ragozin ON, Radysh IV. Time organisation of central hemodynamic parameters of people with different shifts in periods of the changed photoperiodism. *Technologies of living systems*. 2012;9(4):20–24. (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

* **Рагозин Олег Николаевич**, д.м.н., профессор;
адрес: Россия, 628011, Ханты-Мансийск, ул. Мира, д. 40;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5318-9623>;
eLibrary SPIN: 7132-3844;
e-mail: oragozin@mail.ru

Татаринцев Павел Борисович;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5029-4906>;
eLibrary SPIN: 4629-7917;
email: ic472pbt@ya.ru

Гудков Андрей Борисович;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5923-0941>;
eLibrary SPIN: 4369-3372;
e-mail: gudkovab@nsmu.ru

Погоньшева Ирина Александровна;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5759-0270>;
eLibrary SPIN: 6095-8392;
e-mail: severina.i@bk.ru

Шаламова Елена Юрьевна;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5201-4496>;
eLibrary SPIN: 8125-9359;
e-mail: selenzik@mail.ru

Погоньшев Денис Александрович;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8815-1556>;
eLibrary SPIN: 1179-9674;
e-mail: d.pogonyshev@mail.ru

Бейсембаев Анвар Акунович;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7922-3367>;
eLibrary SPIN: 3876-8206;
e-mail: anvar.kg@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

AUTHORS' INFO

* **Oleg N. Ragozin**, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;
address: 40 Mira street, 628011 Hanty-Mansijsk, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5318-9623>;
eLibrary SPIN: 7132-3844;
e-mail: oragozin@mail.ru

Pavel B. Tatarinzev;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5029-4906>;
eLibrary SPIN: 4629-7917;
email: ic472pbt@ya.ru

Andrei B. Gudkov;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5923-0941>;
eLibrary SPIN: 4369-3372;
e-mail: gudkovab@nsmu.ru

Irina A. Pogonysheva;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5759-0270>;
eLibrary SPIN: 6095-8392;
e-mail: severina.i@bk.ru

Elena Yu. Shalamova;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5201-4496>;
eLibrary SPIN: 8125-9359;
e-mail: selenzik@mail.ru

Denis A. Pogonyshev;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8815-1556>;
eLibrary SPIN: 1179-9674;
e-mail: d.pogonyshev@mail.ru

Anvar A. Beisembaev;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7922-3367>;
eLibrary SPIN: 3876-8206;
e-mail: anvar.kg@gmail.com