

УДК 613.1(571.122)

## ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ ВАРИАЦИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ГОРОДА ХАНТЫ-МАНСИЙСКА

© 2017 г. О. Н. Рагозин, В. И. Корчин, Е. Ю. Шаламова, Э. Р. Рагозина

Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, г. Ханты-Мансийск

Цель исследования – выявление сложных циклических временных процессов в колебаниях климатических факторов города Ханты-Мансийска с использованием вейвлет-анализа. Динамика колебаний температуры за описываемый период с 2001 по 2014 год показывает значимую цирканнуальную цикличность. Вариации барометрического давления полицикличны. По убыванию мощности наблюдаются ритмы с периодом 5,57 года, 1,02 года и близкие к полугодовым, сезонным и циркатригитантным: 173,4 суток; 109,3 суток; 37,2 суток. Величина влажности изменяется в околгодовом ритме, внутригодовая динамика следующая: 173,4 суток; 127,5 суток; 68,9 суток. Барическая тенденция кроме околгодового ритма характеризуется ритмом с периодом 3,01 года и вставочными внутригодовыми: 173,4 суток; 109,3 суток; 59,1 суток и 20,1 суток. Изменения скорости ветра не имеют околгодовой ритмичности, но наблюдаются внутригодовые вариации с периодом 81,1 суток и 40,2 суток. Величина весового содержания кислорода будучи расчетной сохраняет основной ритм таких компонентов формулы, как температура, барометрическое давление и влажность, а именно: околгодовой; двухлетний, пятилетний; двух- и околмесячный. Наибольшей амплитудой колебаний отличаются показатели температуры воздуха, скорости ветра и барической тенденции. При визуальном анализе когерентности по отдельным ритмам с одинаковым периодом обнаруживается выраженный десинхроноз, что и объясняет в большинстве своем отрицательную значимую корреляцию между климатическими параметрами. Применение вейвлет-анализа для оценки короткопериодной компоненты климатических процессов позволяет выявлять периодические и аperiodические вставочные ритмы, которые при интерференции с постоянными ритмами, выявленными преобразованием Фурье, позволяют объяснить нестационарные ритмические изменения, индивидуальной реализацией которых и являются климатические временные ряды.

**Ключевые слова:** климат, временные вариации, вейвлет-анализ, северные широты

## WAVELET ANALYSIS OF CLIMATE FACTORS VARIATIONS OF KHANTY-MANSIYSK CITY

O. N. Ragozin, V. I. Korchin, E. Yu. Shalamova, E. R. Ragozina

Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia

The aim of this study is to identify the complex temporary cycles in fluctuations of climatic factors in Khanty-Mansiysk using wavelet analysis. The dynamics of temperature fluctuations in the period 2001 and 2014 shows a significant circannual cycle. Variations of barometric pressure are polycyclic. Descending capacity of rhythms with a period of 5.57 years; 1.02 years and rhythms close to the semiannual, seasonal and circadian: 173.4 days; 109.3 days; 37.2 days are observed. Humidity varies in circannual rhythm, intra-annual dynamic is the following: 173.4 days; 127.5 days; 68.9 days. Barometric tendency except circannual rhythm is characterized by the rhythm with a period of 3.01 years, and intra-annual intercalary: 173.4 days; 109.3 days; 59.1 days and 20.1 days. Changes of wind speed do not have circannual rhythm, but there are intra-annual variations with a period of 81.1 days and 40.2 days. The oxygen volume being calculated maintains the basic rhythm of such components as temperature, barometric pressure and humidity, namely circannual: two years, five years; two- one month. Indicators of air temperature, wind speed and barometric tendency show the greatest amplitude of oscillation. Visual analysis of coherence of individual rhythms with the same period reveals a florid desynchronization, which explains negative correlation between the climatic parameters. Use of wavelet analysis to assess the short-term component of the climate processes allows to reveal periodical and aperiodical intercalary rhythms. These rhythms interfering with the steady beat identified by Fourier transform allow us to explain unsteady rhythmic changes implemented in climatic time series.

**Keywords:** climate, time variations, wavelet analysis, northern latitudes

### Библиографическая ссылка:

Рагозин О. Н., Корчин В. И., Шаламова Е. Ю., Рагозина Э. Р. Вейвлет-анализ вариаций климатических факторов города Ханты-Мансийска // Экология человека. 2017. № 5. С. 33–37.

Ragozin O. N., Korchin V. I., Shalamova E. Yu., Ragozina E. R. Wavelet Analysis of Climate Factors Variations of Khanty-Mansiysk City. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 5, pp. 33-37.

Климат является важнейшим экологическим фактором окружающей среды [1, 7, 12]. Воздействие климата на организм может быть благоприятным и неблагоприятным [5, 15, 18, 21]. Климатические ряды должны рассматриваться как конечные индивидуальные реализации статистически нестационарных случайных процессов. Исходя из длины такой реализации и предварительных представлений об изучаемых климатических процессах, рассматриваемый ряд часто

бывает целесообразно представить в виде суммы длиннопериодной и короткопериодной компонент. Первая из них, содержащая, в частности, средние значения и линейные и нелинейные тренды, может быть выделена с помощью сглаживания исходного ряда по «окну» подходящей формы и ширины. Нередко эта компонента мало похожа на реализацию какого-либо стационарного случайного процесса, и даже её спектр, строго говоря, не определен. Короткопериодная компонента,

наоборот, часто выглядит похожей на реализацию некоторого стационарного случайного процесса и может быть описана его спектром [10].

Согласно докладу межправительственной группы экспертов по изменению климата, данные наблюдений и модельных расчетов показывают, что климат территории России более чувствителен к глобальному потеплению, чем климат многих других регионов земного шара [20]. За период 1976–2006 годов среднее потепление по России достигло 1,33 °С. Наблюдаются значительные межгодовые колебания средней температуры приземного слоя воздуха [17]. Годовая сумма осадков за это время в целом по территории России увеличивалась (7,2 мм/10 лет). Однако в характере региональных изменений осадков наблюдались значительные различия. В Западной Сибири наиболее заметным было увеличение осадков весеннего сезона (16,8 мм/10 лет). По данным спутниковых измерений, площадь снежного покрова в Северном полушарии за последние 30 лет значительно сократилась, особенно весной и летом. Основной причиной этих наблюдаемых изменений стало повышение температуры приземного воздуха [22]. Однако в некоторых регионах с очень низкой среднегодовой температурой наблюдалось увеличение высоты снежного покрова, что объясняется увеличением количества осадков. Во второй половине XX века, особенно его последней четверти, на многих участках зоны многолетней мерзлоты происходило увеличение температуры верхнего слоя многолетнемерзлых пород, в отдельных регионах отмечалось увеличение глубины сезонного протаивания. Температура многолетней мерзлоты на севере Западной Сибири увеличилась в среднем на 1 °С [4, 14].

Целью настоящего исследования стало выявление циклических временных процессов в колебаниях климатических факторов г. Ханты-Мансийска с использованием вейвлет-анализа.

### Методы

В данном исследовании использованы многолетние метеорологические данные специализированных массивов для климатических исследований Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ – МЦД), а также архивные материалы метеостанции г. Ханты-Мансийска [9, 19]. Период наблюдений с 01 января 2001 года по 31 декабря 2014-го. Кратность измерений – 3 часа, длина временного ряда 37 892 наблюдения.

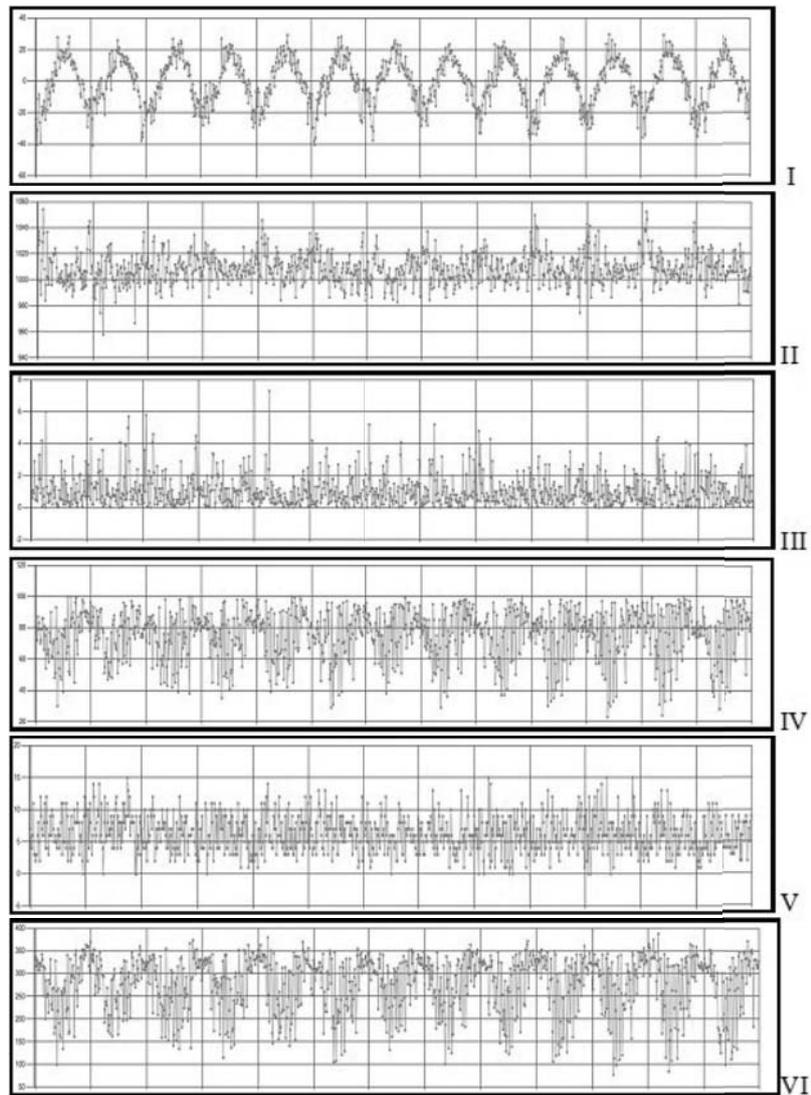
Изучались следующие параметры: температура окружающего воздуха (°С); барометрическое давление (кПа); относительная влажность (%); барическая тенденция (гПа/3 ч); максимальная скорость ветра (м/с); весовое содержание кислорода в воздухе (г/м<sup>3</sup>). Весовое содержание кислорода в воздухе прямо пропорционально атмосферному давлению за вычетом парциального давления водяного пара и обратно пропорционально температуре воздуха:  $O_2 \text{ (г/м}^3\text{)} = 83 \times (P - e) / T$ , где  $P$  и  $e$  в гПа,  $T$  в °K [13].

Для проверки гипотезы о наличии множества циклических применена авторская программа, использующая вейвлет-анализ для определения ритмической структуры отдельных параметров и оценивающая синхронизацию описываемых параметров [16]. Вейвлет – это математическая функция, позволяющая анализировать различные частотные компоненты данных [2]. Анализ сигналов производится в плоскости вейвлет-коэффициентов (масштаб – время – уровень) (Scale-Time-Amplitude) [8, 11]. Таким образом, по результатам вейвлетного преобразования можно судить о том, как меняется спектральный состав рассматриваемого климатического ряда со временем [3, 6].

### Результаты

График исходного ряда колебаний температуры за описываемый период с 2001 по 2014 год показывает значимую ( $p < 0,001$ ) цирканнуальную (окологодовую) циклическую (9 417,5 часа/392,3 суток) с высокой мощностью ритма 1 476,9 усл. ед. и полугодовой (4 281,5 часа/178,4 суток) ритм с высоким уровнем тенденции ( $p = 0,065$ ). Внутригодовые сезонные (период 96,6 суток) и лунные (период 23,7 суток) ритмы присутствуют, но недостоверные. Вариации барометрического давления полициклически. По убыванию мощности наблюдаются ритмы с периодом 5,57 года; 1,025 года и близкие к полугодовым, сезонным и циркатригинтантным (околомесячным): 173,4 суток; 109,3 суток; 37,2 суток, при значимости выявленных ритмов  $p = 0,001$ . Величина влажности закономерно изменяется в окологодовом ритме (395,6 суток), мощность – 224,8 усл. ед., внутригодовая динамика следующая: 173,4 суток, 127,5 суток, 68,9 суток. Все ритмы значимы ( $p = 0,001$ ). Барическая тенденция кроме наиболее мощного окологодового ритма (392,7 суток) характеризуется ритмом с периодом 3,01 года ( $p = 0,002$ ) и вставочными внутригодовыми 173,4 суток ( $p = 0,001$ ), 109,3 суток ( $p = 0,001$ ), 59,1 суток ( $p = 0,001$ ) и 20,1 суток ( $p = 0,009$ ). Изменения максимальной скорости ветра не имеют окологодовой ритмичности, но наблюдаются внутригодовые вариации с периодом 1947,4 часа/81,1 суток и 966,2 часа/40,2 суток. В отличие от так называемых квазидвух-, трех- и четырехлетних колебаний можно предполагать наличие внутригодовых периодов с приставкой «квази». Величина весового содержания кислорода, будучи расчетной, сохраняет основной ритм таких компонентов формулы, как температура, барометрическое давление и влажность, а именно: окологодовой (395,6 суток,  $p = 0,001$ ); двухлетний (808,1 суток,  $p = 0,001$ ), пятилетний (1 744,4 суток,  $p = 0,0042$ ); двух- (69,9 суток,  $p = 0,001$ ) и околомесячный (37,2 суток,  $p = 0,002$ ). Ритмы расположены по убыванию мощности. Фактические изменения описываемых параметров изображены на рисунке.

Наибольшей амплитудой колебаний отличаются



Динамика климатических факторов в г. Ханты-Мансийске за период с 2001 по 2014 год: I – температура воздуха, °С; II – барометрическое давление, кПа; III – барическая тенденция, гПа/3 ч; IV – влажность, %; V – скорость ветра, м/с; VI – весовое содержание кислорода, г/м<sup>3</sup>

показатели температуры воздуха, скорости ветра и барической тенденции.

В таблице приведены данные о синхронизации ритмов климатических факторов. Наблюдается значимая отрицательная синхронизация температуры воздуха с атмосферным давлением, влажностью, барической тенденцией и весовым содержанием кислорода в воздухе, причем величина этого коэффициента достаточно высока. Ритм скорости ветра имеет положительную корреляцию с температурой. Ритм атмосферного давления имеет самую низкую синхронизацию с весовым содержанием кислорода (0,048), хотя в расчетной формуле задана прямая пропорция. Можно предположить, что ритм весового содержания кислорода во вдыхаемом воздухе в данном климатическом континууме будет определяться показателем влажности, с которым он имеет высокий коэффициент синхронизации (0,913). Уровень барической тенденции имеет наибольшую синхронизацию с ритмом максимальной скорости ветра.

**Коэффициенты синхронизации климатических факторов за период 2001–2014 годов в г. Ханты-Мансийске**

	Температура воздуха, °С	Атмосферное давление, кПа	Влажность, %	Барическая тенденция, гПа/3 ч	Скорость ветра, м/с	Весовое содержание O <sub>2</sub> , г/м <sup>3</sup>
Температура воздуха, °С	1,000	-0,348**	-0,211**	-0,150**	0,149**	-0,526**
Атмосферное давление, кПа	-0,348**	1,000	-0,172**	-0,115**	-0,284**	0,048**
Влажность, %	-0,211**	-0,172**	1,000	0,031**	-0,200**	0,913**
Барическая тенденция, гПа/3 ч	-0,150**	-0,115**	0,031**	1,000	0,257**	0,053**
Скорость ветра, м/с	0,149**	-0,284**	-0,200**	0,257**	1,000	-0,270**
Весовое содержание O <sub>2</sub> , г/м <sup>3</sup>	-0,526**	0,048**	0,913**	0,053**	-0,270**	1,000

Примечание. \*\* – синхронизация значима на уровне 0,01.

### Обсуждение результатов

Анализ протяженных временных рядов позволяет выделять многолетние ритмы нарушений здоровья, что применимо для ретроспективной оценки и краткосрочного прогнозирования. Если околгодовую ритмичность можно объяснить колебаниями природно-климатических факторов, то наличие двух-, трех-, четырех- и шестилетних циклов предполагает воздействие на организм человека сочетания гелио-геофизических и социальных причин. Показатель мощности является более оперативным параметром для мониторинга здоровья, чем период ритма.

В системе природных датчиков времени, например при адаптации к сезонной смене погоды, динамика климатических факторов носит опережающий характер и по принципу упреждения в своих изменениях опережает последующее изменение погодных условий, уменьшается удельный вес коротковолновой составляющей и увеличивается доля длинноволнового компонента. При визуальном анализе когерентности по отдельным ритмам с одинаковым периодом обнаруживается выраженный десинхронизм, что и объясняет в большинстве своем отрицательную, хотя и значимую, корреляцию между климатическими параметрами.

Важной особенностью климатических рядов является их нестационарность, то есть изменение не только характера поведения, но и статистической структуры от временной координаты. Традиционные методы анализа, такие как техника линейного тренда и Фурье-анализ, больше подходят для исследования стационарных процессов, поэтому предлагается использовать более современный метод вейвлет-анализа, который обеспечивает получение информации о спектральных характеристиках климатического ряда, меняющихся во времени.

Применение вейвлет-анализа для оценки короткопериодной компоненты климатических процессов позволяет выявлять затухающие вставочные ритмы, которые при интерференции с постоянными ритмами, выявленными преобразованием Фурье, позволяют объяснить нестационарные ритмические изменения, индивидуальной реализацией которых и являются климатические временные ряды. Когерентность протяженных временных рядов климатических факторов можно использовать для ретроспективного анализа реакции биологических систем.

### Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Игнатьев Л. И., Радыш И. В. Влияние природно-климатических факторов на сезонные ритмы системы крови у жителей Кисловодска // Экология человека. 2007. № 3. С. 3–8.
2. Алексеев В. И. Анализ и прогнозирование циклических временных рядов с использованием вейвлетов и нейросетевых нечетких правил вывода // Вестник Югорского государственного университета. 2013. Вып. 3 (30). С. 3–10.
3. Барляева Т. В., Понявин Д. И. EMD и вейвлет-анализ вариаций климата и солнечной активности // Сборник трудов IX международной конференции «Солнечная активность

как фактор космической погоды», 4–6 июля 2005 г., ГАО, Пулковое, Санкт-Петербург, 2006. С. 125–132.

4. Гребенюк Г. Н., Кузнецова В. П. Современная динамика климата и фенологическая изменчивость северных территорий // Фундаментальные исследования. 2012. Т. 11, № 5. С. 1063–1077.

5. Гудков А. Б., Теддер Ю. Р., Дёгтева Г. Н. Некоторые особенности физиологических реакций организма рабочих при экспедиционно-вахтовом методе организации труда в Заполярье // Физиология человека. 1996. Т. 22, № 4. С. 137–142.

6. Дьяконов В. П. Вейвлеты. От теории к практике. М.: СОЛОН-Пресс, 2004. 440 с.

7. Копытова Н. С., Гудков А. Б. Сезонные изменения функционального состояния системы внешнего дыхания у жителей Европейского Севера России // Экология человека. 2007. № 10. С. 41–43.

8. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов. М.: Мир, 2005. 672 с.

9. Метеоданные для Ханты-Мансийского автономного округа. [Электронный ресурс]. URL: www.ugrameteo.ru (дата обращения: 19.03.2015).

10. Монин А. С., Вакуленко Н. В. О спектрах колебаний климата // Доклады Академии наук. 2001. Т. 378, № 6. С. 806–808.

11. Нагорнов О. В., Никитаев В. Г., Простокишин В. М., Тюфлин С. А., Проничев А. Н., Бухарова Т. И., Чистов К. С., Кашафутдинов Р. З., Хоркин В. А. Вейвлет-анализ в примерах: М.: НИЯУ МИФИ, 2010. 120 с.

12. Никитин Ю. П., Хаснулин В. И., Гудков А. Б. Современные проблемы северной медицины и усилия учёных по их решению // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2014. № 3. С. 63–72.

13. Овчарова В. Ф. Определение содержания кислорода в атмосферном воздухе на основе метеорологических параметров (давления, температуры, влажности) с целью прогнозирования гипоксического эффекта атмосферы // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. 1981. № 2. С. 29–34.

14. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М.: Росгидромет, 2008.

15. Попова О. Н., Гудков А. Б. Морфофункциональные особенности дыхательной системы у северян. Обзор // Экология человека. 2009. № 2. С. 53–58.

16. Рагозин О. Н., Бочкарев М. В., Косарев А. Н., Кот Т. Л., Татаринцев П. Б. Программа исследования биологических ритмов методом вейвлет-анализа: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014611398, дата гос. регистрации в Реестре программ для ЭВМ 03 февраля 2014 г.

17. Ревич Б. А., Терентьев Н. Е. Оценка влияния климатических изменений на здоровье населения Европейской части Российской Арктики // Управление риском. 2015. № 4 (76). С. 35–42.

18. Сарычев А. С., Гудков А. Б., Попова О. Н. Компенсаторно-приспособительные реакции внешнего дыхания у нефтяников в динамике экспедиционного режима труда в Заполярье // Экология человека. 2011. № 3. С. 7–13.

19. Специализированные массивы для климатических исследований Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации. Мировой центр данных (ВНИИГМИ – МЦД). [Электронный ресурс]. URL: www.meteo.ru. (дата обращения: 17.02.2015).

20. Bradley M. J., Kutz S. J., Jenkins E. The potential impact of climate change on infectious diseases of Arctic fauna // *International journal for circumpolar health*. 2005. Vol. 64. P. 468–477.

21. Lindgren E., Gustafson R. Tick-borne encephalitis in Sweden and climate change // *The Lancet*. 2001. Vol. 538. P. 16–18.

22. Parkinson A., Butler J. Impact of climate change on infectious diseases in the Arctic // *International Journal for circumpolar health*. 2005. Vol. 64. P. 478.

### References

1. Agadzhanian N. A., Ignat'ev L. I., Radyshev I. V. The impact of climatic factors on the seasonal rhythms of blood residents of Kislovodsk. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2007, 3, pp. 3-8. [in Russian]

2. Alekseev V. I. Analysis and forecasting of cyclical time series using wavelets and neural network fuzzy inference rules. *Vestnik Yugorskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Ugra state University]. 2013, 3 (30), pp. 3-10. [in Russian]

3. Barlyayeva T. V., Ponyavin D. I. EMD i veivlet-analiz variatsii klimata i solnechnoi aktivnosti [EMD and wavelet analysis of variations of climate and solar activity]. In: *Sbornik trudov IX mezhdunarodnoi konferentsii «Solnechnaya aktivnost' kak faktor kosmicheskoi pogody», 4-6 iyulya 2005 g., GAO, Pulkovo, Sankt-Peterburg, 2006*. [Proceedings of the IX international conference "Solar activity as factor of cosmic weather", July 4-6, 2005, GAO, Pulkovo, St. Petersburg]. 2006, pp. 125-132.

4. Grebenyuk G. N., Kuznetsova V. P. Contemporary dynamics of climate and phenological variability of the Northern territories. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research]. 2012, 11 (5), pp. 1063-1077. [in Russian]

5. Gudkov A. B., Tedder Yu. R., Degteva G. N. Some Features of Physiological Responses in Expedition and Rotational Workers in the Arctic. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 1996, 22 (4), pp. 137-142. [in Russian]

6. Dyakonov V. P. *Veivlety. Ot teorii k praktike* [From theory to practice]. Moscow, SOLON-Press, 2004, 440 p.

7. Kopytova N. S., Gudkov A. B. Seasonal behavior of ventilation system functional status among residents of European North of Russia. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2007, 10, pp. 41-43. [in Russian]

8. Malla S. *Veivlety v obrabotke signalov* [Wavelets in signal processing]. Moscow, 2005, 672 p.

9. *Meteorodannye dlya Khanty-Mansiiskogo avtonomnogo okruga* [Weather data for Khanty-Mansi Autonomous district]. Available at: [www.hmao-meteo.ru](http://www.hmao-meteo.ru). (accessed: 19.03.2015)

10. Monin A. S., Vakulenko N. V. O spektrakh kolebaniy klimata [On the spectra of climate variations]. In: *Doklady Akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences], 2001, 378 (6), pp. 806-808.

11. Nagornov O. V., Nikitaev V. G., Prostokishin V. M., Tyufin S. A., Pronichev A. N., Buharova T. I., Chistov K. S., Kashafutdinov R. Z., Horkin V. A. *Veivlet-analiz v primerakh* [Wavelet analysis in the examples: a tutorial]. Moscow, 2010, 120 p.

12. Nikitin Yu. P., Khasnulin V. I., Gudkov A. B. Contemporary problems of Northern medicine and researchers' efforts to solve them. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskie*

*nauki*. [Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Series: Medical and biological sciences]. 2014, 3, pp. 63-72. [in Russian]

13. Ovcharova V. F. Determination of oxygen content in atmospheric air on the basis of meteorological parameters (pressure, temperature, humidity) to predict hypoxic effect of the atmosphere. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoi fizkul'tury* [Questions of balneology, physiotherapy and therapeutic physical training]. 1981, 2, pp. 29-34. [in Russian]

14. *Otsenochnyi doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. Obshchee rezyume* [Evaluation report on climate changes and their effects on the territory of the Russian Federation. The overall summary]. Moscow, Roshydromet Publ., 2008.

15. Popova O. N., Gudkov A. B. Morphofunctional features of northerners' respiratory system. Review. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2009, 2, pp. 53-58. [in Russian]

16. Ragozin O. N., Bochkarev M. V., Kosarev A. N., Kot T. L., Tatarintsev P. B. *Programma issledovaniya biologicheskikh ritmov metodom veivlet-analiza. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EVM № 2014611398, data gos. registratsii v Reestre programm dlya EVM 03 fevralya 2014 g.* [The program for the study of biological rhythms by the wavelet analysis. The certificate of state registration of computer programs № 2014611398, date of state registration in the Register of computer programs on 03 February, 2014].

17. Revich B. A., Terentiev N. E. Assessing the impact of climate change on the health of the population of the European part of the Russian Arctic. *Upravlenie riskom* [Risk management]. 2015, 4 (76), pp. 35-42. [in Russian]

18. Sarychev A. S., Gudkov A. B., Popova O. N. Compensatory-adaptive reactions of external respiration in oil industry workers in dynamics of field work regime in Polar region. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2011, 3, pp. 7-13. [in Russian]

19. *Spetsializirovannye massivy dlya klimaticheskikh issledovaniy Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrometeorologicheskoi informatsii. Mirovoi tsentr dannykh (VNIIGMI - MTsD)* [Specialized arrays for climate research, all-Russian research Institute of hydrometeorological information. World data center (VNIIGMI-WDC)]. Available at: [www.meteo.ru](http://www.meteo.ru). (accessed: 17.02.2015)

20. Bradley M. J., Kutz S. J., Jenkins E. The potential impact of climate change on infectious diseases of Arctic fauna. *International journal for circumpolar health*. 2005, 64, pp. 468-477.

21. Lindgren E., Gustafson R. Tick-borne encephalitis in Sweden and climate change. *The Lancet*. 2001, 538, pp. 16-18.

22. Parkinson A., Butler J. Impact of climate change on infectious diseases in the Arctic. *International Journal for circumpolar health*. 2005, 64, p. 478.

### Контактная информация:

Рагозин Олег Николаевич — доктор медицинских наук, профессор кафедры госпитальной терапии БУ ВО ХМАО — Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»

Адрес: 628011, Тюменская обл., ХМАО — Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, д. 40

E-mail: [oragozin@mail.ru](mailto:oragozin@mail.ru)