



Оригинальное исследование
УДК 616.2.936(476)
<http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2024-4-17>

ПОРОГОВЫЕ ДИАПАЗОНЫ МЕТЕОНАГРУЗОК НА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТУЮ СИСТЕМУ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ В УСЛОВИЯХ МУССОННОГО КЛИМАТА

Людмила Васильевна Веремчук^{1✉}, Татьяна Исааковна Виткина², Елена Евгеньевна Минеева³

¹⁻³Владивостокский филиал «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт медицинской климатологии и восстановительного лечения, Владивосток, Россия

^{1✉}veremchuk_lv@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6372-6560>

²tash30@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1009-9011>

³elmineeva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-00024286-2827>

Аннотация. Особенности компенсаторной метеореакции сердечно-сосудистой системы на воздействие контрастных изменений метеофакторов являются актуальными при разработке профилактических мероприятий у лиц с заболеваниями органов дыхания. Целью исследования явилось определение диапазонов краткосрочной метеореакции сердечно-сосудистой системы (ССС) у пациентов с бронхолегочной патологией. За период 2013–2022 гг. обследованы 450 человек, проживающих в г. Владивостоке не менее 10 лет (160 ч – контрольная группа, 178 ч – хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ); 112 ч – бронхиальная астма (БА). У всех обследуемых проведена диагностика ССС (по 95 показателям центральной гемодинамики и реографии легочной артерии). Метеоусловия оценивались по 6 климатическим факторам с позиции межсуточного контраста относительно дня обследования пациента. Определяли диапазоны *синхронной* (фактической), *следовой* (последующей) и *сигнальной* (предшествующей) метеореакции. Определение диапазонов ($M \pm m$) метеофакторов проводили с помощью модуля «Парные и частные корреляции». При *синхронном* рассмотрении у здоровых лиц метеореакция наступает при больших значениях метеопараметров, чем у больных БА и ХОБЛ, особенно по показателям «количество осадков» и «температура воздуха». В *следовых* и *сигнальных* вариантах отмечается аналогичный *синхронному* тренд метеореакции с уменьшением значений межсуточного контраста у больных. Установлено, что для жителей г. Владивостока синхронная метеореакция отмечается при северо-западном направлении ветра, скоростях ветра более 6 м/с, низких температурах воздуха ($< -5^\circ$) и высоком атмосферном давлении (> 1019 гПа). Диапазоны остальных метеофакторов снижены в сигнальном и следовом аспектах, указывая на формирование патогенной метеореакции. Морской муссонный климат г. Владивостока является достаточно нагрузочным для населения города. Особенно неблагоприятны для ССС межсуточные контрасты по количеству осадков, температуре и влажности воздуха. Формирование метеопатии ССС при небольших межсуточных контрастах чаще наблюдается у больных ХОБЛ.

Ключевые слова: бронхолегочная патология, сердечно-сосудистая система, метеореакция

Для цитирования: Веремчук Л.В. Пороговые диапазоны метеонагрузок на сердечно-сосудистую систему для населения с заболеваниями органов дыхания в условиях муссонного климата / Л.В. Веремчук, Т.И. Виткина, Е.Е. Минеева // Дальневосточный медицинский журнал. – 2024. – № 4. – С. 105-109. <http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2024-4-17>.

THRESHOLD RANGES OF METEOLoad ON THE CARDIOVASCULAR SYSTEM OF THE POPULATION WITH RESPIRATORY DISEASES LIVING IN A MONSOON CLIMATE

Lyudmila V. Veremchuk^{1✉}, Tatyana I. Vitkina², Elena E. Mineeva³

¹⁻³Vladivostok Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology of Respiration – Research Institute of Medical Climatology and Rehabilitation Treatment, Vladivostok, Russia

^{1✉}veremchuk_lv@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6372-6560>

²tash30@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1009-9011>

³elmineeva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-00024286-2827>



Abstract. Features of the compensatory meteorological response of the cardiovascular system to the impact of contrasting changes in meteorological factors are relevant in the development of preventive measures for patients with respiratory diseases. The goal of the study was to determine the ranges of short-term meteorological response of the cardiovascular system (CVS) in patients with bronchopulmonary pathology.

Throughout 2013–2022, 450 patients living in Vladivostok for at least 10 years were examined (160 hours – control group, 178 hours – chronic obstructive pulmonary disease (COPD); 112 hours – controlled bronchial asthma (BA). All subjects were diagnosed with CVS (based on 95 indicators of central hemodynamics and pulmonary artery rheography). Weather conditions were assessed from the perspective of day-to-day contrast of 6 climatic factors relative to the day of patient examination. Ranges were determined for synchronous (actual), trace (subsequent) and signal (preceding) meteorological reactions. Determination of criteria ($M \pm m$) of meteorological factors was carried out using the module «Paired and partial correlations».

When viewed simultaneously, in healthy individuals, the meteorological reaction occurs at higher values of meteorological parameters than in patients with asthma and COPD, especially in terms of «amount of precipitation» and «air temperature». In the trace and signal variants, a trend in meteorological reaction similar to the synchronous one is observed with a decrease in the values of inter-day contrast in sick patients. It has been established that for residents of Vladivostok, a synchronous meteorological reaction occurs with a north-west wind direction, wind speeds of more than 6 m/s, low air temperatures ($< -5^{\circ}$) and high atmospheric pressure (> 1019 hPa). The ranges of other meteorological factors are reduced in the temporal aspect ± 1 day, indicating the formation of a short-term inter-daily pathogenic meteorological reaction.

The marine monsoon climate of Vladivostok is quite stressful for the city's population. Day-to-day contrasts in «amount of precipitation», «temperature» and «humidity» of the air are especially unfavorable for the cardiovascular system. The formation of cardiovascular meteoopathy with small inter-day contrasts more often occurs in patients with COPD.

Keywords: bronchopulmonary pathology, cardiovascular system, meteorological reaction

For citation: Threshold ranges of meteoload on the cardiovascular system of the population with respiratory diseases living in a monsoon climate / L.V. Veremchuk, T.I. Vitkina, E.E. Mineeva // Far Eastern medical journal. – 2024. – № 4. – P. 105-109. <http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2024-4-17>.

В условиях глобального изменения климата заметно усилился интерес к метеореакции и метеочувствительности организма человека [1, 2, 3]. Термин метеореакция употребляется для обозначения повышенной чувствительности людей к изменениям погодных условий. Чем быстрее и интенсивнее межсуточное изменение климатического фактора, тем меньше времени у организма для стабилизации его физиологического состояния и тем острее проявляется его краткосрочная ответная метеореакция [4, 5, 6].

Отмечено, что резкие перепады метеопараметров приводят к изменению содержания кислорода в воздушной среде, в результате чего посредством нарушения газообмена в легких, сердечно-сосудистая система (ССС) испытывает повышенные физиологические нагрузки [4, 7, 8].

Поэтому определение диапазонов метеофакторов, при которых возникает компенсаторная реакция ССС, переходящая при длительном действии в патогенную метеореакцию (метеопатию), позволит сформировать представление о характере и интенсивности ответной

реакции у пациентов с заболеваниями органов дыхания [5, 6, 7, 9].

Формирование краткосрочной метеореакции может не совпадать с неблагоприятной погодой. Метеореакция, наступившая раньше видимого изменения погодных условий, называется *сигнальной*. Как правило, сигнальные реакции организма возникают в случаях прохождений циклонов, тайфунов и других погодных явлений, вызывающих контрастные метеорологические условия. Сигнальные реакции возникают у метеочувствительных людей чаще всего за сутки. Отмечаются также *следовые* реакции, фиксирующие остаточную метеореакцию на контрастное межсуточное изменение метеофакторов за предыдущий день. *Синхронные* реакции оцениваются с учетом влияния фактических погодных условий в день обследования пациента [4, 5, 8]. Целью исследования явилось определение диапазонов краткосрочной метеореакции сердечно-сосудистой системы у пациентов с бронхолегочной патологией.

Материалы и методы

За период 2013–2022 гг. обследовано 450 человек (средний возраст $56,5 \pm 4,8$ года), проживающих в г. Владивостоке ≥ 10 лет, среди которых 160 человек вошли в контрольную группу (практически здоровые), 178 человек с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) стабильного течения, 112 человек с бронхиальной астмой (БА) легкой степени

тяжести частично контролируемого течения. У всех обследуемых проведена диагностика ССС методом компьютерной полиреокардиографии (95 показателей центральной гемодинамики, реографии аорты и реографии легочной артерии). Исследование осуществлялось в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации (пересмотр 2013 г.) с одобрения



локального Этического комитета на условиях добровольного информированного согласия.

По данным Приморского УГМС отобраны метеопараметры (направление и скорость ветра, количество осадков, температура, влажность и атмосферное давление воздуха) согласно дню и часу обследования пациента, оценивающие *синхронную реакцию* ССС как точки отсчета в определении межсуточных контрастных значений метеопараметра в пределах ± 1 день. Предшествующие метеоданные за 1 день (-1) до дня обследования пациентов оценивались как *следовые*, с запаздывающей, остаточной метеореакцией.

Результаты и обсуждение

Расчет фактических значений и межсуточных контрастов метеофакторов формирующих компенсатор-

Метеоданные после 1 дня (+1) обследования пациентов идентифицировали как предчувствующие или *сигнальные* реакции ССС.

При использовании модуля «Парные и частные корреляции» (STATISTICA 10) была сформирована корреляционная матрица размером 95×6 (95 показателей ССС и 6 метеофакторов). Далее отбирались корреляционные связи (r при $p < 0,05$) с метеофакторами. Определяли средние значения и стандартные отклонения ($M \pm m$) выделенных критериев, рассматриваемые как диапазоны погодных факторов, вызывающих метеореакцию сердечно-сосудистой системы.

ные метеореакции проводился в трех позициях (*синхронной, следовой и сигнальной*) (таблица).

Таблица – Диапазоны метеофакторов ($M \pm m$ при $p < 0,05$), вызывающие компенсаторную метеореакцию сердечно-сосудистой системы у здоровых лиц и пациентов с заболеваниями органов дыхания

Временные лаги	Направление ветра (в град.)/р	Скорость ветра (м/с)/р	Количество осадков (мм)/р	Температура (t) воздуха (°C)/р	Влажность воздуха (%) /р	Давление воздуха (гПа)/р
Синхронные (фактические метеофакторы)	Контрольная группа					
	253,6 $\pm$ 24,1/0,05	7,69 $\pm$ 1,08/0,04	0,78 $\pm$ 4,37/0,02	9,93 $\pm$ 2,43/0,03		1017,37 $\pm$ 1,6/0,04
	Хроническая обструктивная болезнь легких					
		7,15 $\pm$ 1,0/0,04	0,21 $\pm$ 0,09/0,02	3,7 $\pm$ 1,93/0,04	83,96 $\pm$ 3,85/0,05	1010,35 $\pm$ 1,0/0,03
	Бронхиальная астма					
		6,46 $\pm$ 0,53/0,04	0,32 $\pm$ 0,11/0,02	4,38 $\pm$ 1,3/0,03	73,37 $\pm$ 2,87/0,03	1014,04 $\pm$ 1,2/0,04
Следовые –межсуточный контраст метеофакторов с прошедшим днем (-1 день)	Контрольная группа					
	69 $\pm$ 11,36/0,02		10,06 $\pm$ 4,23/0,02	2,69 $\pm$ 0,5/0,03		4,93 $\pm$ 0,76/0,01
	Хроническая обструктивная болезнь легких					
	37,5 $\pm$ 8,42/0,03	4,69 $\pm$ 0,89/0,04	1,23 $\pm$ 0,49/0,02	1,93 $\pm$ 0,29/0,02		4,63 $\pm$ 0,76/0,03
	Бронхиальная астма					
		4,38 $\pm$ 0,46/0,03	3,63 $\pm$ 0,9/0,03	2,28 $\pm$ 0,42/0,01	14,42 $\pm$ 2,57/0,02	3,03 $\pm$ 1,08/0,03
Сигнальные –межсуточный контраст метеофакторов с последующим днем (+1 день)	Контрольная группа					
	54 $\pm$ 11,29/0,04		9,67 $\pm$ 0,38/0,03	2,87 $\pm$ 0,39/0,02	16,3 $\pm$ 2,1/0,03	5,78 $\pm$ 0,65/0,05
	Хроническая обструктивная болезнь легких					
	51,9 $\pm$ 14,0/0,03	5,27 $\pm$ 0,69/0,04	2,65 $\pm$ 3,8/0,02	1,98 $\pm$ 0,36/0,03	9,75 $\pm$ 1,84/0,03	3,88 $\pm$ 14,0/0,03
	Бронхиальная астма					
		5,54 $\pm$ 0,47/0,01	3,31 $\pm$ 1,1/0,01	3,09 $\pm$ 0,34/0,03	10,3 $\pm$ 2,2/0,03	

Примечание. Пустые клетки – отсутствие статистически значимой метеореакции.

При *синхронном* рассмотрении у здоровых лиц метеореакция наступает при больших значениях метеопараметров, чем у пациентов с ХОБЛ и БА. У здоровых лиц количественные метеопоказатели «количество осадков» и «температура» воздуха в 2-3 раза выше относительно больных ХОБЛ (табл.). С использованием *следовых* и *сигнальных* вариантов оценивалась величина межсуточных контрастов метеофакторов, вызывающих ответную компенсаторную метеореакцию сердечно-сосудистой системы. Отмечена аналогичная с синхронным вариантом тенденция снижения величины контрастов метеопараметров по количеству осадков и температуре воздуха у больных ХОБЛ и БА. В *следовом* варианте у лиц с ХОБЛ по параметру «количество осадков» метеопатия наступает при значениях сниженных относительно контрольной группы примерно в 8 раз (10,06 мм и 1,23 мм) а у боль-

ных БА ~ в 2,7 раза (10,06 мм-3,61 мм) (таблица). В *сигнальном* варианте диапазоны межсуточных контрастов по показателю «осадки» также снижены, только при ХОБЛ ~ в 3,5 и БА ~ 3 раза. По «температуре воздуха» диапазоны снижаются примерно на 20-40% (таблица). Компенсаторная метеореакция в контрольной группе по влажности воздуха отсутствует.

Согласно литературным данным метеореакция оценивается как компенсаторный ответ клинко-функциональных систем на действие метеофакторов, формирующих гомеостаз в организме [10]. В зависимости от величины внешних нагрузок и состояния организма компенсаторная метеореакция переходит в разряд метеопатии, формируя повышенный риск обострения основного заболевания [11]. Поэтому определение критической (пороговой) величины метеонагрузок



на ССС в зависимости от тяжести бронхолегочного заболевания (ХОБЛ и БА) является важнейшей задачей для проведения профилактических мероприятий по снижению риска обострения этих заболеваний.

Климат г. Владивостока относится к морскому, муссонному типу с характерной сезонной и межсезонной изменчивостью циркуляционных процессов в атмосфере [12]. В результате для здоровых жителей города Владивостока формирование *синхронной* компенсаторной метеореакции ограничено скоростью ветра до 8 м/с, небольшими осадками до 1 мм, среднегодовой t воздуха до 10 °С и высоким (антициклональным) атмосферным давлением. Превышение величины перечисленных нагрузок может вызвать у здоровых людей кратковременное ухудшение состояния ССС. Согласно литературным данным наиболее патогенным фактором для морского муссонного климата считается высокая влажность воздуха, однако здоровое население города более адаптировано и практически не реагирует на высокую влажность воздуха [5, 6, 7]. У больных пациентов «количество осадков» и «температура воздуха» формирует компенсаторную метеореакцию сердечно-сосудистой системы при более низких значениях метеопараметров, чем у здоровых, что говорит о крайней неблагоприятности регионального климата для лиц с заболеванием органов дыхания, особенно с заболеванием ХОБЛ (таблица) [5, 8].

В следовом аспекте по метеофакторам воздействия происходит аналогичная с синхронной метеореакция, особенно она характерна для больных с заболеванием БА. Наибольшие величины контрастов, вызывающих компенсаторную реакцию ССС отмечены у больных ХОБЛ для параметров «количество осадков» и «температура воздуха» (таблица). Как отмечают метеорологи, количество осадков и температура воздуха являются квинтэссенцией глубоких региональных синоптических процессов, происходящих на стыке суши и океана, характерных для муссонного климата [12]. В результате флуктуации синоптических процессов отражаются на величине межсуточных изменений некоторых метеофакторов («количество осадков», «температура воздуха»), которые могут негативно восприниматься больными с заболеваниями органов дыхания. В следовом рассмотрении пациенты

с бронхиальной астмой активно реагируют на изменение показателя «влажность воздуха» [6, 7].

При активных циркуляционных процессах в атмосфере между сушей и морем, в регионе образуются мощные электрические импульсы, быстро распространяющиеся вокруг, в результате чего организм человека достаточно быстро улавливает их, особенно в краткосрочном режиме +1 суток [6]. Поэтому объяснима повышенная чувствительность ССС у населения города к сигнальным импульсам практически всех метеопараметров. Особенно характерна метеопатия для больных ХОБЛ, для которых пороговые критерии компенсаторной метеореакции имеют небольшие значения межсуточных контрастов. У пациентов с бронхиальной астмой, метеопатия также может наступить при незначительных межсуточных контрастах скорости ветра, осадков, температуры воздуха и влажности [4]. Литературные данные подтверждают тот факт, что характерные для приморского климата длительные морозящие дожди могут негативно влиять на пациентов с заболеваниями органов дыхания [5, 6, 12].

Высокая флуктуационная активность атмосферных процессов, характерная для морского муссонного климата г. Владивостока создает предпосылки для формирования метеопатических реакций, особенно у лиц с бронхолегочной патологией. Установлено, что диапазоны контрастов метеофакторов снижены в сигнальном и следовом аспектах, указывая на формирование патогенной метеореакции у населения. Особенно уязвимыми в формировании метеопатии являются лица с хронической обструктивной болезнью легких. Доминирующими факторами воздействия явились температура воздуха и количество осадков, как комплексного показателя, зависящего от всего погодного комплекса. Установлено, что для жителей г. Владивостока синхронная метеореакция отмечается при северо-западном направлении ветра, скоростях ветра более 6 м/с, низких температурах воздуха ($<-5^{\circ}$) и высоком атмосферном давлении (>1019 гПа).

Полученные результаты расширяют представление о формировании метеопатических реакций при бронхо-легочной патологии и в дальнейшем дадут возможность разработать рекомендации по профилактике ассоциированных с метеонагрузками обострений у данного контингента.

Список источников

1. Lim Y.H., Park M.S., Kim Y., Kim H., Hong Y.C. Effects of cold and hot temperature on dehydration: a mechanism of cardiovascular burden // Int J Biometeorol. – 2015. – № 59. – P. 1035-1043. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0917-2>.
2. Urban A., Davidkova H., Kysely J. Heat- and cold-stress effects on cardiovascular mortality and morbidity among urban and rural populations in the Czech Republic // Int J Biometeorol. – 2014. – № 58 (6). – P. 1057-1068. <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0693-4>.
3. Robert E. Davis, David M. Hondula, Humna Sharif. Examining the diurnal temperature range enigma: why is human health related to the daily change in temperature // Int J Biometeorol. – 2020. – № 64. – P. 397-407. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01825-8>.



4. Уянаева А.И., Тупицына Ю.Ю., Рассулова М.А., Турова Е.А., Львова Н.В., Айрапетова Н.С. Влияние климата и погоды на механизмы формирования повышенной метеочувствительности (обзор) // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2016. – №5. – С. 52-57.
Uyanaeva A.I., Tupitsyna Yu. Yu., Rassulova M.A., Turova E.A., Lvova N.V., Airapetova N.S. The influence of climate and weather on the mechanisms of formation of increased meteosensitivity (review) // Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy. – 2016. – № 5. – P. 52-57.
5. Vitkina T.I., Veremchuk L.V., Grigorieva E.A., Gvozdenko T.A. Weather dependence of patients with respiratory pathology at the south of Primorsky krai // Regional problems. – 2018. – № 21 (3-1). – P. 22-25. [https://doi.org/10.31433/1605-220X-2018-21-3\(1\)-22-25](https://doi.org/10.31433/1605-220X-2018-21-3(1)-22-25).
6. Веремчук Л.В., Виткина Т.И., Минеева Е.Е. Формирование метеореакции у здорового населения и больных с заболеваниями органов дыхания, проживающих в дальневосточном регионе // Материалы XIV международной научной конференции «Системный анализ в медицине» (SAM 2020) / под общ. ред. В.П. Колосова. Благовещенск. – 2020. – С. 145-148.
Veremchuk L.V., Vitkina T.I., Mineeva E.E. Formation of meteorological reaction in healthy population and patients with respiratory diseases living in the Far Eastern region // Proceedings of the XIV International scientific conference «System-oriented analysis in medicine» (SAM 2020) / Ed. by V.P. Kolosov. – Blagoveshchensk. – 2020. – P. 145-148.
7. Веремчук Л.В., Минеева Е.Е., Виткина Т.И., Гвозденко Т.А. Влияние климата на функцию внешнего дыхания здорового населения г. Владивостока и больных с бронхолегочной патологией // Гигиена и санитария. – 2018. – № 5. – С. 418-423.
Veremchuk L.V., Mineeva E.E., Vitkina T.I., Gvozdenko T.A. The influence of climate on the function of external respiration of the healthy population of Vladivostok and patients with bronchopulmonary pathology // Hygiene and Sanitation. – 2018. – № 5. – P. 418-423.
8. Метеочувствительность и здоровье / Под ред. Дубровской С.В.. – М.: РИПОЛ классик. – 2011. – 256 с.
Meteorological sensitivity and health / Ed. by Dubrovskaya S.V. – M.: RIPOL classic. – 2011. – 256 p.
9. Huang C., Barnett A.G., Wang X., Tong S. Effects of extreme temperatures on years of life lost for cardiovascular deaths: a time series study in Brisbane, Australia // Circ Cardiovasc Qual Outcomes. – 2012. – № 5. – P. 609-614. [PubMed] [Google Scholar] <https://doi.org/10.1161/CIRCOUTCOMES.112.965707>.
10. Рахманов Р.С., Тарасов А.В. Адаптационные реакции организма при влиянии морского климата на здоровье населения в регионах России. – Н. Новгород: ООО «Стимул-СТ», 2018. – 100 с.
Rakhmanov R.S., Tarasov A.V. Adaptation reactions of the body under the influence of maritime climate on the health of the population in the regions of Russia. – N. Novgorod: ООО «Stimul-ST», 2018. – 100 p.
11. To T., Shen S., Atenafu E.G., et al. The air quality health index and asthma morbidity: a population-based study // Environ Health Perspect. – 2013. – № 121. – P. 46-52. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104816>.
12. Мезенцева Л.И., Федулов А.С. Климатические тенденции атмосферной циркуляции на Дальнем Востоке // Известия КГТУ. – 2017. – № 46. – С. 34-53.
Mezentseva L.I., Fedolov A.S. Climatic trends of atmospheric circulation in the Far East // Bulletin of KSTU. – 2017. – № 46. – P. 34-53.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья принята к публикации 12.10.2024.

The article was accepted for publication 12.10.2024.

