

## Влияние температуры и давления атмосферного воздуха на артериальное давление и частоту сердечных сокращений

Шапошников Д. А.<sup>1</sup>, Смирнова М. Д.<sup>2</sup>, Ревич Б. А.<sup>1</sup>, Фофанова Т. В.<sup>2</sup>, Агеев Ф. Т.<sup>2</sup>, Палеев Ф. Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН "Институт Народнoхозяйственного Прогнозирования Российской академии наук". Москва; <sup>2</sup>ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии им. акад. Е. И. Чазова" Минздрава России. Москва, Россия

**Цель.** Оценить влияние волн жары, волн холода, экстремально низких и высоких значений атмосферного давления и суточных перепадов атмосферного давления на артериальное давление (АД) и частоту сердечных сокращений (ЧСС) у больных артериальной гипертензией (АГ) с использованием методики дистанционного мониторинга АД и ЧСС в различных регионах Российской Федерации.

**Материал и методы.** Анализ базы данных многоцентрового проспективного исследования "Оценка клинико-экономической эффективности дистанционного наблюдения больных артериальной гипертензией" проведен в рамках реализации стратегической инициативы социально-экономического развития России "Персональные медицинские помощники". В исследование включены больные АГ >18 лет, находящиеся на антигипертензивной терапии и проживающие в Тюмени (1374 человека), Новосибирске (428 человек) и Сургуте (548 человек). Измерения АД и ЧСС проводили утром и вечером. Наблюдение вели с 14.11.2023 по 23.12.2024. Изучение влияния метеофакторов на усредненные по пациентам суточные значения изучаемого физиологического показателя методом анализа временных рядов суточного разрешения проводили в два этапа. На первом этапе в каждом городе были вычислены "локальные эффекты", численно характеризующие влияние данного стресс-фактора на изучаемый физиологический показатель, использована линейная обобщенная регрессионная модель смертности. На втором этапе методом метаанализа случайных эффектов были получены совокупные оценки воздействия.

**Результаты.** Во время волн жары наблюдается снижение АД, причем амплитуда эффекта постепенно уменьшается с увеличением лага и сохраняет статистическую достоверность до 11-го дня. Во время волн холода наблюдается повышение АД, причем величина эффекта также снижается с увеличением лага и сохраняет статистическую достоверность до 3-го дня. По абсолютной величине эффект жары в 2-3 раза сильнее, чем эффект холода, и достигает

3,5 мм рт.ст. для систолического АД. Экстремально низкое атмосферное давление и особенно резкие перепады давления в течение суток являются факторами риска, т.е. ведут к повышению АД и ЧСС, однако абсолютная величина эффекта довольно мала, для систолического АД не >0,8 мм рт.ст.

**Заключение.** Результаты исследования подтвердили влияние метеофакторов на гемодинамику больных АГ, даже находящихся на антигипертензивной терапии. Дальнейшее изучение влияния метеофакторов на показатели АД и ЧСС имеет большую практическую значимость.

**Ключевые слова:** артериальная гипертензия, экстремальные температуры воздуха, перепады атмосферного давления, метеозависимость.

**Отношения и деятельность.** Государственное задание, рег. № НИОКТР 124013000806-5 (Разработка алгоритма ведения больных артериальной гипертензией с коморбидной патологией с использованием платформы "Персональные медицинские помощники").

Поступила 03/10-2025

Рецензия получена 15/10-2025

Принята к публикации 28/11-2025



**Для цитирования:** Шапошников Д. А., Смирнова М. Д., Ревич Б. А., Фофанова Т. В., Агеев Ф. Т., Палеев Ф. Н. Влияние температуры и давления атмосферного воздуха на артериальное давление и частоту сердечных сокращений. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2026;25(1):4625. doi: 10.15829/1728-8800-2026-4625. EDN: TXTKDK

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

e-mail: naliya1@yandex.ru

[Шапошников Д. А. — к. ф. - м. н., с. н. с. лаборатории прогнозирования качества окружающей среды и здоровья населения, ORCID: 0000-0001-9191-1974, Смирнова М. Д.\* — д. м. н., с. н. с. отдела амбулаторных лечебно-диагностических технологий, ORCID: 0000-0001-6515-3882, Ревич Б. А. — д. м. н., профессор, зав. лабораторией прогнозирования качества окружающей среды и здоровья населения, ORCID: 0000-0002-7528-6643, Фофанова Т. В. — д. м. н., с. н. с. отдела амбулаторных лечебно-диагностических технологий, ORCID: 0000-0002-3321-2902, Агеев Ф. Т. — д. м. н., профессор, г. н. с. отдела амбулаторных лечебно-диагностических технологий, ORCID: 0000-0003-4369-1393, Палеев Ф. Н. — д. м. н., профессор, член-корр. РАН, зам. генерального директора, ORCID: 0000-0001-9481-9639].

**Адреса организаций авторов:** ФГБУН "Институт Народнoхозяйственного Прогнозирования Российской академии наук", Нахимовский проспект, д. 47, Москва, 117418, Россия; ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии им. акад. Е. И. Чазова" Минздрава России, ул. Академика Чазова, д. 15а, Москва, 121552, Россия.

**Addresses of the authors' institutions:** Institute for Economic Forecasting of Russian Academy of Sciences, Nakhimovsky Prospect, 47, Moscow, 117418, Russia; Chazov National Medical Research Center for Cardiology, Akademika Chazova str., 15a, Moscow, 121552, Russia.

## Effect of atmospheric temperature and pressure on blood pressure and heart rate

Shaposhnikov D. A.<sup>1</sup>, Smirnova M. D.<sup>2</sup>, Revich B. A.<sup>1</sup>, Fofanova T. V.<sup>2</sup>, Ageyev F. T.<sup>2</sup>, Paleyev F. N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Economic Forecasting of Russian Academy of Sciences. Moscow; <sup>2</sup>Chazov National Medical Research Center of Cardiology. Moscow, Russia

**Aim.** To assess the impact of heat waves, cold waves, extremely low and high atmospheric pressure, and 24-hour fluctuations in atmospheric pressure on blood pressure (BP) and heart rate (HR) in patients with hypertension (HTN) using remote BP and HR monitoring in various regions of the Russian Federation.

**Material and methods.** The analysis of the database of the multicenter prospective study "Assessment of the clinical and economic effectiveness of remote monitoring of patients with hypertension" was conducted as part of the implementation of strategic socio-economic initiative "Personal Medical Assistants". The study included patients with HRN over 18 years old, receiving antihypertensive therapy and living in Tyumen (n=1374), Novosibirsk (n=428) and Surgut (n=548). BP and HR were measured in the morning and evening. Follow-up was conducted from November 14, 2023, to December 23, 2024. The influence of meteorological factors on the averaged 24-hour values of the indicator studied was assessed in two stages using the method of time series analysis with 24-hour resolution. In the first stage, "local effects" were calculated in each city, numerically characterizing the influence of a given stress factor on the physiological indicator under study, using a linear generalized regression model of mortality. In the second stage, random-effects meta-analysis was used to obtain pooled effect estimates.

**Results.** During heat waves, there was a decrease in BP with the magnitude of the effect gradually decreasing with increasing lag and maintaining statistical significance until day 11. During cold waves, an increase in blood pressure was observed, with the magnitude of the effect also decreasing with increasing lag and maintaining statistical significance until day 3. In absolute terms, the effect of heat is 2-3 times greater than that of cold, reaching 3,5 mm Hg for systolic blood pressure. Extremely low atmospheric pressure and particularly sharp pressure fluctuations during the day are risk factors, leading to increased blood pressure and heart rate. However, the absolute

magnitude of the effect is quite small, not exceeding 0,8 mm Hg for systolic blood pressure.

**Conclusion.** The study results confirmed the influence of meteorological factors on the hemodynamics of hypertensive patients, even those receiving antihypertensive therapy. Further study of the influence of meteorological factors on blood pressure and heart rate is of great practical importance.

**Keywords:** hypertension, extreme air temperatures, changes in atmospheric pressure, meteorological dependence.

**Relationships and Activities.** State assignment, registration number NIOKTR 124013000806-5 (Development of an algorithm for managing patients with hypertension and comorbid pathology using the "Personal Medical Assistants" platform).

Shaposhnikov D. A. ORCID: 0000-0001-9191-1974, Smirnova M. D.\* ORCID: 0000-0001-6515-3882, Revich B. A. ORCID: 0000-0002-7528-6643, Fofanova T. V. ORCID: 0000-0002-3321-2902, Ageyev F. T. ORCID: 0000-0003-4369-1393, Paleyev F. N. ORCID: 0000-0001-9481-9639.

\*Corresponding author: naliya1@yandex.ru

**Received:** 03/10-2025

**Revision Received:** 15/10-2025

**Accepted:** 28/11-2025

**For citation:** Shaposhnikov D. A., Smirnova M. D., Revich B. A., Fofanova T. V., Ageyev F. T., Paleyev F. N. Effect of atmospheric temperature and pressure on blood pressure and heart rate. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2026;25(1):4625. doi: 10.15829/1728-8800-2026-4625. EDN: TXTKDK

АГ — артериальная гипертензия, АГТ — антигипертензивная терапия, АД — артериальное давление, ДАД — диастолическое АД, ДМиКАДиЧП — дистанционный мониторинг и контроль артериального давления и частоты пульса, САД — систолическое АД, ССО — сердечно-сосудистые осложнения, СМП — скорая медицинская помощь, ЧСС — частота сердечных сокращений.

## Введение

Артериальная гипертензия (АГ) — одно из самых распространенных заболеваний (АГ страдают >40% населения Российской Федерации)<sup>1</sup> и самых главных факторов риска сердечно-сосудистых осложнений (ССО) и смерти. Фактор потенциально модифицируемый, однако, несмотря на достижения современной медицины, контроль артериального давления (АД) по сей день остается сложной задачей. Одна из причин такого положения дел — влияние метеорологических факторов, в первую очередь, температуры воздуха и атмосферного давления. Ангиоспастические реакции с развитием быстрых подъемов АД в ответ на волны холода или

жары, резкие перепады температуры окружающей среды, скорости ветра, атмосферного давления могут развиваться даже у пациентов, находящихся на адекватной антигипертензивной терапии (АГТ), и, при отсутствии должного лечения, приводить к росту числа ССО. В то же время механизм метеопатических реакций до конца не ясен. Мало того, сам факт их существования часто отрицается. Это связано со значительными методологическими трудностями при изучении воздействий погодных аномалий на здоровье человека и, в частности, на состояние сердечно-сосудистой системы. Для оценки влияния метеорологических факторов на состояние гемодинамики необходим мониторинг колебаний АД и частоты сердечных сокращений (ЧСС) в течение длительного времени. При этом оценка только офисного АД будет заведомо недостаточна. Таким методом невозможно зафик-

<sup>1</sup> NCD Risk factor collaboration. Evolution of hypertension over time. Hypertension Ranking. <https://ncdrisc.org/hypertension-ranking.html>.

**Ключевые моменты**

**Что известно о предмете исследования?**

- Влияние физиологических механизмов адаптации к экстремальному холоду и жаре на гемодинамику достаточно хорошо изучено, однако о влиянии атмосферного давления известно гораздо меньше.

**Что добавляют результаты исследования?**

- Впервые изучена структура лагов между воздействием меняющихся метеоусловий и откликом показателей гемодинамики.
- Показано, что влияние экстремальных температур на гемодинамику более выражено, чем влияние экстремальных значений атмосферного давления.
- Резкие суточные перепады атмосферного давления и экстремально низкое атмосферное давление статистически связаны с повышением артериального давления, а высокое атмосферное давление не является фактором риска артериальной гипертонии.

**Key messages**

**What is already known about the subject?**

- The influence of physiological mechanisms of adaptation to extreme cold and heat on hemodynamics has been fairly well studied, but much less is known about the influence of atmospheric pressure.

**What might this study add?**

- The structure of lags between the impact of changing weather conditions and the response of hemodynamic parameters has been studied for the first time.
- We showed that the effect of extreme temperatures on hemodynamics is more pronounced than the effect of extreme atmospheric pressure.
- Sharp 24-hour changes in atmospheric pressure and extremely low atmospheric pressure are statistically associated with increased blood pressure, while high atmospheric pressure is not a risk factor for hypertension.

сировать колебания АД в ответ на резкие изменения метеорологической обстановки. Решением проблемы могло бы стать измерение АД и пульса в домашних условиях с ведением дневника самим пациентом (метод самоконтроля АД). Этот метод позволяет регистрировать показатели систолического АД (САД), диастолического АД (ДАД) и ЧСС в утренние и вечерние часы на протяжении недель, месяцев и лет, что дает возможность соотнести полученные данные с сезоном и метеорологической обстановкой. При всей простоте, дешевизне и доступности методики, она имеет ряд ограничений, связанных с возможностью ошибки при измерении и неточности при заполнении дневника. Амбулаторное суточное мониторирование АД дает более объективную информацию и позволяет оценить полный 24-часовой профиль, однако, как и в случае измерения офисного АД, это одномоментное исследование. Организационно крайне сложно провести его у достаточно большой группы людей в дни погодных аномалий [1]. Методикой, позволяющей преодолеть ограничения вышеперечисленных методов исследования, может стать "Дистанционный мониторинг и контроль артериального давления и частоты пульса" (ДМиКАДиЧП), который позволяет проводить сбор и анализ данных автоматизированного многосуточного домашнего мониторирования динамики АД и ЧСС валидированными тонометрами с автоматической передачей показателей. Изучение влияния метеофакторов на колебания АД в условиях реальной практики с использованием ДМиКАДиЧП представляется акту-

альным как с научной, так и практической точек зрения. Анализ статистически значимых зависимостей между погодными аномалиями и показателями гемодинамики будет способствовать лучшему прогнозированию течения АГ и разработке методов профилактики ССО.

Целью настоящего исследования стала оценка влияния волн жары, волн холода, экстремально низких и высоких значений атмосферного давления и суточных перепадов атмосферного давления на АД и ЧСС у больных АГ с использованием методики ДМиКАДиЧП в различных регионах Российской Федерации.

**Материал и методы**

Настоящее исследование анализирует базу данных многоцентрового проспективного, интервенционного, рандомизированного сравнительного исследования "Оценка клинико-экономической эффективности дистанционного наблюдения больных артериальной гипертензией", проведенного в рамках реализации стратегической инициативы социально-экономического развития России "Персональные медицинские помощники", с использованием информационной системы "Персональные медицинские помощники", создаваемой АО "ОПК" (ГК "Ростех"), экспертно-методологических информационных систем НМИЦ Минздрава России, медицинских информационных систем медицинских организаций, специализированных информационных систем дистанционного наблюдения российских разработчиков.

В исследование включались больные АГ >18 лет, находящиеся на диспансерном наблюдении, получающие медицинскую помощь в соответствии с действующими клиническими рекомендациями, подписавшие информ-

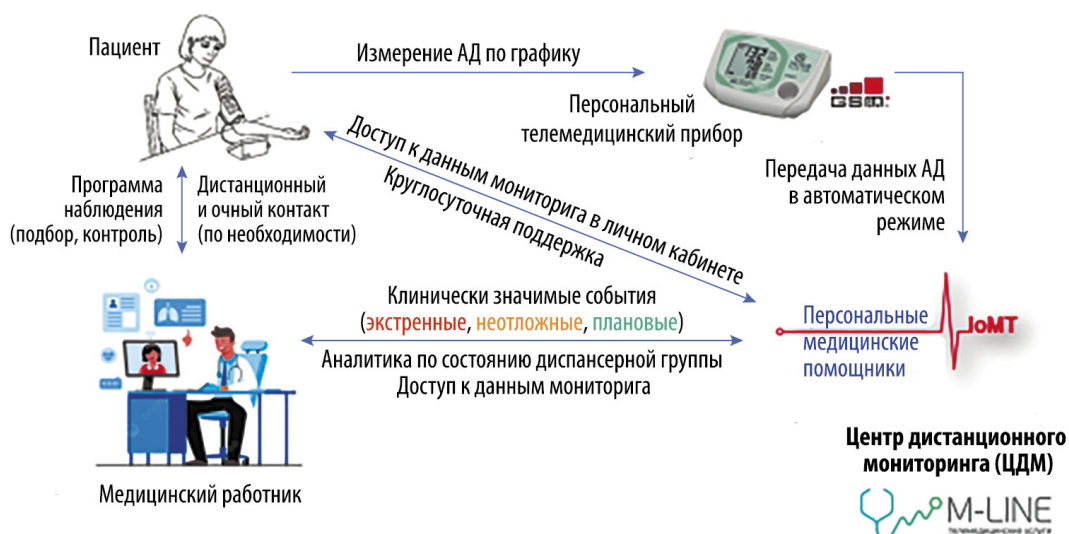


Рис. 1 Технологическая схема ДМиКАДиЧП.

Примечание: ДМиКАДиЧП — дистанционный мониторинг и контроль АД и частоты пульса.

рованное согласие на участие в исследовании. Обязательным условием было наличие технической возможности для дистанционного мониторинга АД. В исследование не включались пациенты с состояниями или заболеваниями, которые можно расценить как нестабильные (острый коронарный синдром или острое нарушение мозгового кровообращения в течение 3 мес. до исследования, эндокринные заболевания в стадии декомпенсации, острые инфекционные заболевания). Также в исследование не включались пациенты, состояние которых затрудняло использование ДМиКАДиЧП (психические заболевания и когнитивные нарушения, препятствующие адекватному проведению мониторинга АД, выраженные нарушения ритма сердца, заболевания с поражением сосудов верхних конечностей и др.). В исследование не включались пациенты с большими различиями между значениями офисного АД, измеренного медперсоналом, и данными автоматического измерения АД, выявленными при контрольных измерениях:  $>10$  мм для САД и  $>5$  мм для ДАД.

Мы проанализировали данные всех включенных в базу больных, проживающих в трех городах, в которых проводилось исследование: Тюмень (1374 человека), Новосибирск (428 человек) и Сургут (548 человек). Наблюдение велось с 14.11.2023 по 23.12.2024.

#### Методика ДМиКАДиЧП [2]

Всем пациентам выдавались электронные тонометры с функцией автоматической передачи данных АД и ЧСС. Данные передаются в Платформу "Персональные медицинские помощники", которая их обрабатывает и передает в медицинские организации (рисунок 1). Пациенты были проинструктированы о правилах измерения АД согласно клиническим рекомендациям [3]. Проводилось не  $<2$  измерений АД с интервалом в 1 мин и еще одно дополнительное измерение при разнице между первыми двумя  $>10$  мм рт.ст. Анализировалось среднее значение последних двух измерений.

#### Анализ влияния волн жары и холода

Изучение влияния волн жары и холода на усредненные по пациентам суточные значения изучаемого физиологического показателя проводилось в два этапа. На первом этапе в каждом городе были вычислены "локальные

эффекты", численно характеризующие влияние волн жары и холода на изучаемый физиологический показатель. На втором этапе методом метаанализа случайных эффектов были получены совокупные оценки эффекта.

Для вычисления локальных эффектов волн жары и холода методом анализа временных рядов суточного разрезания, в каждом городе была проведена идентификация волн жары и холода. Отдельно изучали волны длительностью от пяти дней и от трех дней. Такие волны можно условно назвать "длинными" и "короткими". Данные о среднесуточных температурах воздуха доступны на вебсайте Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации (ВНИИГМИ) — <https://mete.ru> по номерам метеостанций Тюмень: 28367, Новосибирск: 29638, Сургут: 23849. Для идентификации волн жары и холода длительностью от  $\geq 5$  дней была использована температурная метрика:  $T_{04}$  — усредненное значение температуры в день события и 4 предыдущих дня. Событием в данном случае является измерение АД и ЧСС. Волнами жары являлись те дни периода исследования, когда  $T_{04} > T_{95\%}$ , и волнами холода дни с  $T_{04} < T_{5\%}$ . Здесь пороги жары и холода установлены на уровне 95-го и 5-го процентилей распределения среднесуточных температур за 20-летний "исторический" период 2005-2024гг. Аналогично, для идентификации волн жары и холода длительностью от  $\geq 3$  дней использовалась метрика  $T_{02}$ . Согласно принятым определениям, в каждом городе мы сконструировали 4 бинарных независимых переменных, которые маркируют "длинными" и "короткими" волны жары и холода: *heat5*, *cold5*, *heat3*, *cold3*. Например,

$$heat5 = \begin{cases} 1, & \text{если } T_{04} > T_{95\%} \\ 0, & \text{если } T_{04} \leq T_{95\%} \end{cases}.$$

Для вычисления эффекта волн жары или холода использовалась линейная обобщенная регрессионная модель с идентификатором дней, входящих в ансамбли волн. Например, для изучения "длинных" волн жары:  $Y = \alpha + \beta_1 date + \beta_2 (date)^2 + \{i.month\} + \gamma heat5 + \varepsilon$  (1), где  $Y$  — зависимая переменная, представляющая собой усредненное по всем участникам исследования в данном

городе значение изучаемого физиологического показателя в данную календарную дату. Шесть показателей — утренние и вечерние измерения САД/ДАД/ЧСС — изучались независимо друг от друга. Второе и третье слагаемые в уравнении (1) моделируют нелинейный секулярный тренд квадратичной функцией календарной даты (*date*). Для учета сезонных изменений используется набор факторных переменных, маркирующих месяцы {*i.month*}. Также пробовали моделировать сезонность кубическим сплайном номера дня в году, как в модели (2) (см. ниже), но такого учета сезонности оказалось недостаточно для выявления эффекта волн холода. Исследовали наличие возможного лага между температурной волной и откликом показателя здоровья. Основываясь на результатах предыдущих исследований, для жары исследовались лаги от 0 до 2 дней, а для холода — от 0 до 6 дней [4, 5]. Моделирование проводилось в среде *Stata 18*.<sup>2</sup>

#### Анализ влияния атмосферного давления

Данные об атмосферном давлении для Тюмени и Новосибирска взяты из базы данных восьми срочных наблюдений на метеостанциях — <https://meteo.ru>. Поскольку для Сургута данные на этом сайте отсутствуют, аналогичные данные были получены с сайта — <https://pogoda1.ru>.

Изучение влияния атмосферного давления на усредненные суточные значения изучаемого физиологического показателя проводилось в два этапа. На первом этапе в каждом городе были вычислены "локальные эффекты", численно характеризующие влияние атмосферного давления на изучаемый физиологический показатель. На втором этапе методом метаанализа случайных эффектов были получены совокупные оценки риска.

Для характеристики дозовых нагрузок были использованы процентиля многолетних (за 20 лет) распределений среднесуточных показателей атмосферного давления в каждом городе. Низкое давление характеризовалось альтернативно либо значениями <5-го, либо <10-го перцентилей (переменные *low5* и *low10*), соответственно и число дней в исследуемой выборке при использовании 10-го перцентилей почти удваивалось. Использование альтернативных определений позволило исследовать устойчивость результатов расчета риска к выбору экспозиционной переменной. Аналогично, высокое давление характеризовалось либо значениями >90-го, либо 95-го перцентилей (переменные *high90* и *high95*). Такой же подход был использован и в отношении *суточных перепадов давления*. Скачок вниз (*drop*) считался экстремальным, если разница давлений между текущим и предыдущим днем была меньше либо 5-го, либо 10-го перцентилей многолетнего распределения суточных перепадов давления в данном городе (переменные *drop5* и *drop10*). Скачок вверх (*jump*) считался экстремальным, если разница давлений между текущим и предыдущим днем была больше либо 90-го, либо 95-го перцентилей этого распределения (переменные *jump90* и *jump95*). Таким образом, в каждом городе было сконструировано всего 8 независимых бинарных переменных, маркирующих дни с экстремальными значениями атмосферного давления *P* и его суточных перепадов. Например,

$$low5 = \begin{cases} 1, & \text{если } P < P_{5\%} \\ 0, & \text{если } P \geq P_{5\%} \end{cases}$$

Ожидалось, что абсолютная величина эффекта, вообще говоря, должна быть больше для выборки дней *low5*, чем для *low10*, поскольку для выборки *low5* условия более "экстремальные". Аналогично, абсолютная величина эффекта должна быть больше для выборки *high95*, чем для выборки *high90*.

Первый этап вычислений использовал линейную обобщенную регрессионную модель. Например, модель для оценки влияния низкого давления (переменной *low5*):

$$Y = \alpha + \beta_1 date + \beta_2 (date)^2 + \text{spline}(DOY, 5 \text{ knots}) + \gamma_{cold} cold3 + \gamma_{heat} heat3 + \gamma low5 + \varepsilon$$

Сезонный тренд моделируется ограниченным кубическим сплайном переменной *DOY*, численно равной номеру дня в году, этот сплайн имел 5 внутренних узлов. Влияние атмосферного давления в модели (2) зависит от ковариатов *cold3* и *heat3*, описывающих влияние волн холода и жары длительностью от трех дней, поскольку наши исследования показали, что именно такие волны сильнее влияют на исследуемые физиологические показатели. Регрессионный коэффициент  $\gamma$  численно равен разнице между наблюдаемым и ожидаемым (согласно нулевой гипотезе об отсутствии влияния) значением зависимой переменной *Y* в дни с экстремально низким атмосферным давлением. В рамках модели (2) исследовались возможные лаги между воздействием и эффектом от нуля до двух дней.

Источник финансирования: госзадание, рег. № НИОКТР 124013000806-5 (Разработка алгоритма ведения больных артериальной гипертонией с коморбидной патологией с использованием платформы "Персональные медицинские помощники").

## Результаты

Клинико-демографические данные пациентов представлены в таблице 1.

#### Влияние волн жары и холода

Таблица 2 содержит данные о температурных порогах и количестве дней в ансамблях волн холода и жары в трех изученных городах. Показаны наиболее вероятные лаги статистически достоверных эффектов волн холода и жары на АД и ЧСС (таблица 3).

Из таблицы 3 следует два вывода:

- Влияние волн холода на ДАД не доказано.
- При вычислении совокупного эффекта волн холода на САД целесообразно рассматривать лаги 0 и 1 день, в остальных случаях можно ограничиться рассмотрением только нулевого лага, поскольку, как показывают данные таблицы 3, наиболее сильный эффект, вероятнее всего, является мгновенным.

Наиболее типичную структуру лагов между воздействием жары и холода на АД, на примере вечернего измерения САД в г. Тюмени иллюстрирует рисунок 2.

Во время волн жары наблюдается снижение АД, причем амплитуда эффекта постепенно уменьшается с увеличением лага и сохраняет статистическую достоверность до 11-го дня. Во время волн холода наблюдается повышение АД, причем величина

<sup>2</sup> StataCorp. 2023. Stata 18. Statistical software. StataCorp LLC.

эффекта также снижается с увеличением лага и сохраняет статистическую достоверность до 3-го дня включительно. Видно, что по абсолютной величине эффект жары в 2,8 раза сильнее, чем эффект холода, и достигает 3,5 мм рт.ст. (рисунок 2).

Исходя из результатов таблицы 3, совокупные эффекты были вычислены отдельно для лагов 0 и 1 день. Если обозначить эффекты в отдельных городах как  $x$ ,  $y$  и  $z$ , а совокупный эффект как  $M$ , то:  $M_{lag0} = M(x_{lag0}; y_{lag0}; z_{lag0})$ ;  $M_{lag1} = M(x_{lag1}; y_{lag1}; z_{lag1})$ .

**Таблица 1**  
Клинико-демографические характеристики участников исследования

Показатель	Значение
Возраст, лет, $M \pm SD$	$58,0 \pm 11,8$
Пол (% мужчин)	33,8
Курение, %	12,4
Ишемическая болезнь сердца, %	19,6
Сахарный диабет 2 типа, %	21,3
Инсульт в анамнезе, %	4,9

Примечание:  $M \pm SD$  — среднее  $\pm$  стандартное отклонение.

Расчеты показали, что для всех показателей эффект в тот же день (по абсолютной величине) превышает эффект на следующий день после воздействия жары или холода, поэтому рисунок 3 изображает эффект с нулевым лагом.

Из рисунка 3 следует несколько выводов:

- Влияние жары и холода разнонаправлено: во время волн жары АД понижается, а ЧСС повышается. Во время волн холода, наоборот, АД повышается, а ЧСС понижается, причем все эти эффекты статистически значимы.

- По абсолютной величине влияние волн жары сильнее, чем волн холода. Разница может достигать двух раз. Например, во время волн жары длительностью от трех дней показатель "САД\_вечер" снижается на 2,94 (95% доверительный интервал: 2,33-3,56) мм рт.ст., а во время волн холода такой же длительности повышается на 1,47 (95% доверительный интервал: 0,79-2,15) мм рт.ст. Обратите внимание, что эти значения отличаются от изображенных на рисунке 2, потому что рисунок 2 относится к Тюмени, а рисунок 3 показывает совокупную оценку в трех городах. Этот же вывод справедлив в отношении ЧСС.

**Таблица 2**

Температурные пороги и количество дней в ансамблях волн холода и жары длиной от трех и от пяти дней (N3 и N5)

Город	Тюмень			Новосибирск			Сургут		
	Т <sub>порог</sub> , °C	N3	N5	Т <sub>порог</sub> , °C	N3	N5	Т <sub>порог</sub> , °C	N3	N5
Холод	-20,8	16	17	-23,5	17	13	-27,2	6	6
Жара	21,7	16	15	21,6	30	30	20,7	23	15

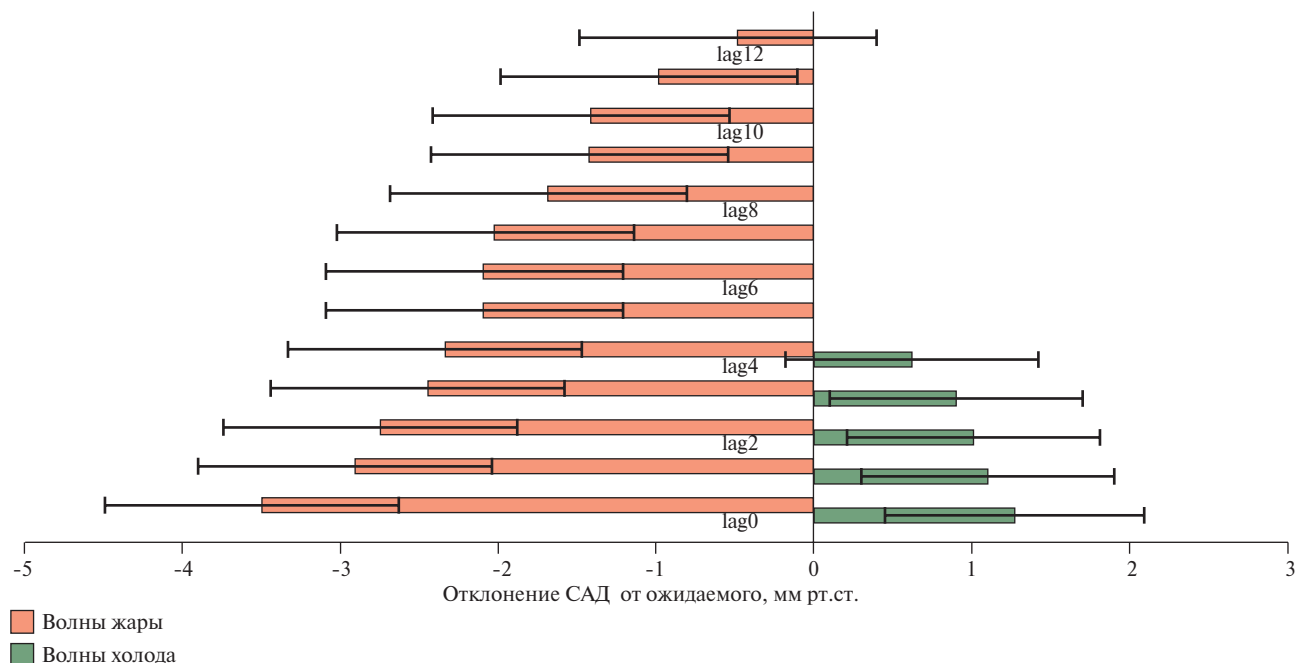


Рис. 2 Структура лагов для влияния волн жары и холода длительностью от трех дней на САД в Тюмени. Среднее значение эффекта и 95% ДИ.

Примечание: САД — систолическое артериальное давление, ДИ — доверительный интервал.

Таблица 3

Наиболее вероятные лаги статистически достоверных эффектов волн холода и жары длиной от трех и от пяти дней на АД и ЧСС в трех городах

Показатель	Тюмень	Ново- сибирск	Сургут	Показатель	Тюмень	Ново- сибирск	Сургут	Показатель	Тюмень	Ново- сибирск	Сургут
Холод											
САД_утро (cold3)	0			ДАД_утро (cold3)				ЧСС_утро (cold3)	0	0	
САД_утро (cold5)				ДАД_утро (cold5)				ЧСС_утро (cold5)	0	0	
САД_вечер (cold3)	0	0	1	ДАД_вечер (cold3)				ЧСС_вечер (cold3)	0	0	
САД_вечер (cold5)	1	1	0	ДАД_вечер (cold5)				ЧСС_вечер (cold5)		0	
Жара											
САД_утро (heat3)	0	0	0	ДАД_утро (heat3)	0	0	0	ЧСС_утро (heat3)	0	0	
САД_утро (heat5)	0	2	0	ДАД_утро (heat5)	1	2		ЧСС_утро (heat5)	0		
САД_вечер (heat3)	0	0	0	ДАД_вечер (heat3)	0	2	0	ЧСС_вечер (heat3)	0	0	
САД_вечер (heat5)	0	0	0	ДАД_вечер (heat5)	0	0	0	ЧСС_вечер (heat5)	0		

Примечание: АД — артериальное давление, ДАД — диастолическое АД, САД — систолическое АД, ЧСС — частота сердечных сокращений. Пустая клетка означает, что достоверный эффект не был установлен при изученных лагах.

Таблица 4

Пороговые значения атмосферного давления (атм. давл.) и перепадов давления (мм рт.ст.), числа дней ( $N$ ) в исследуемых выборках

Воздействие		Низкое атм. давл.		Высокое атм. давл.		Падение атм. давл.		Подъем атм. давл.	
Критерий		$P < P_{5\%}$	$P < P_{10\%}$	$P > P_{90\%}$	$P > P_{95\%}$	$\Delta P < \Delta P_{5\%}$	$\Delta P < \Delta P_{10\%}$	$\Delta P > \Delta P_{90\%}$	$\Delta P > \Delta P_{95\%}$
Тюмень	Порог, мм рт.ст.	749,1	752,1	774,2	777,9	-9,0	-6,7	6,8	9,5
	$N$	37	72	41	22	25	46	45	25
Новосибирск	Порог, мм рт.ст.	751,7	753,8	777,3	781,1	-9,4	-7,1	7,5	10,3
	$N$	24	55	44	24	25	39	43	25
Сургут	Порог, мм рт.ст.	747	750	771	773,1	-7,0	-5,0	5,3	8,0
	$N$	18	36	39	19	18	37	38	24

• Влияние волн жары и холода на САД сильнее, чем на ДАД. Как уже отмечалось выше, влияние волн холода на ДАД вообще не доказано.

• Влияние волн холода и жары на вечерние показатели сильнее, чем на утренние.

• Влияние волн холода и жары длительностью от трех дней сильнее, чем длительностью от пяти дней. Это может быть связано с эффектом насыщения или адаптации к волне экстремальных температур, но может быть связано и с приемом корректирующих препаратов.

*Влияние атмосферного давления*

Таблица 4 содержит данные о пороговых значениях атмосферного давления и его суточных перепадов, а также числа дней ( $N$ ) в исследованных выборках в каждом городе. Таблица 5 представляет результаты оценки совокупных эффектов атмосферного давления, которые были получены на основе локальных оценок в трех изученных городах.

Таким образом, всего было оценено 144 эффекта, некоторые из которых не являются независимыми:

$6$  (зависимых переменных)  $\times 8$  (независимых переменных)  $\times 3$  (альтернативных лага) = 144.

Поскольку при тестировании нулевой гипотезы использовался двусторонний z-тест при уровне значимости  $p=0,05$ , можно ожидать, что 5% из этих 144 эффектов (~8) должны быть значимыми только в результате случайного разброса, причем такие эффекты должны поровну распределяться между положительными и отрицательными. Действительно, в таблице 5 видим 4 отрицательных статистически значимых эффекта, которые можно объяснить дисперсией зависимой переменной. Однако этим нельзя объяснить 21 положительный статистически значимый эффект в этой таблице. Таким образом, можно сделать вывод, что экстремальные значения атмосферного давления действительно являются

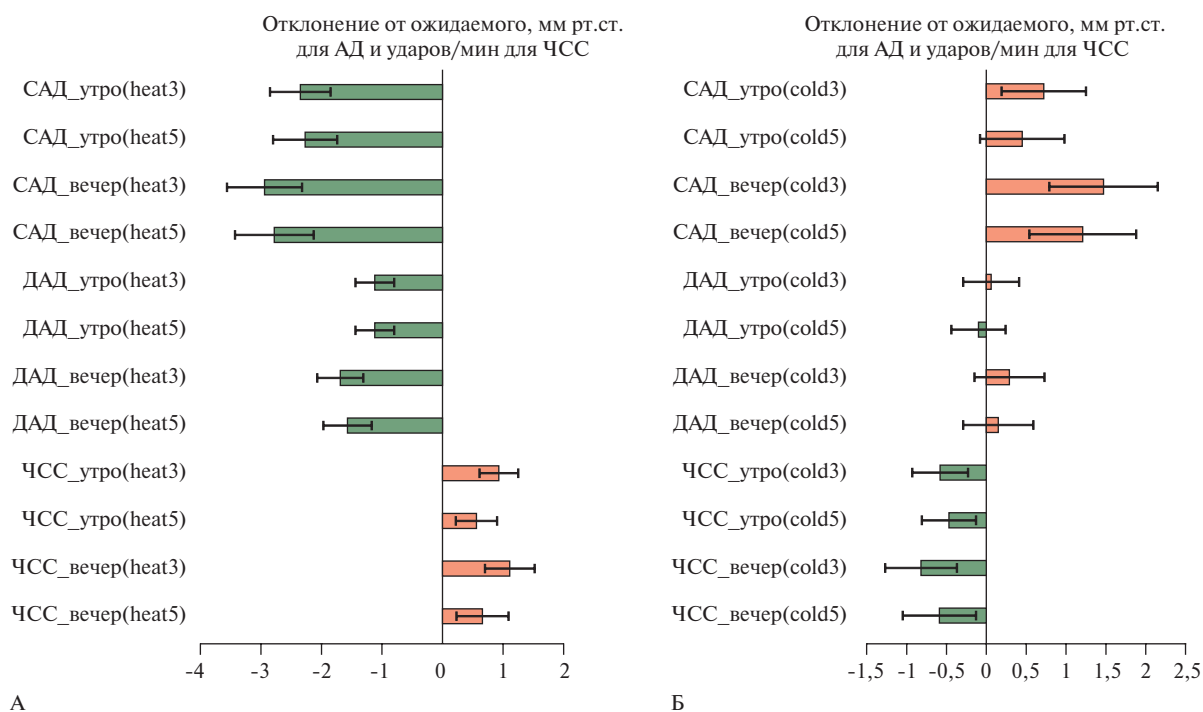


Рис. 3 Результаты метаанализа: совокупная оценка влияния волн жары (А) и холода (Б) на САД, ДАД и ЧСС в трех городах: А. Индексы heat3 и heat5 обозначают волны жары длительностью от трех и от пяти дней; Б. Индексы cold3 и cold5 обозначают волны холода длительностью от трех и от пяти дней. Красным цветом выделено повышение, а зеленым — понижение показателя. Ожидаемое — среднее значение показателя в отсутствие волны жары или холода в те же календарные даты. Показано среднее значение величины эффекта и 95% ДИ.

Примечание: АД — артериальное давление, ДАД — диастолическое АД, ДИ — доверительный интервал, САД — систолическое АД, ЧСС — частота сердечных сокращений. Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

факторами риска, т.е. приводят к повышению АД и ЧСС.

Для изучения структуры лагов подсчитаем количество установленных положительных статистически значимых эффектов с различными лагами в таблице 5:

- lag0 — 7, из них 5 связано с подъемом атмосферного давления,
- lag1 — 9, из них 6 связано с падением атмосферного давления,
- lag2 — 5, из них 4 связано с низким атмосферным давлением.

Таким образом, резкий подъем атмосферного давления, вероятнее всего, действует на изучаемые физиологические показатели с нулевым лагом, падение атмосферного давления — с лагом в один день, а низкое атмосферное давление — с лагом в два дня.

Подсчитаем количество положительных статистически значимых эффектов отдельно для САД, ДАД и ЧСС: САД — 6; ДАД — 7; ЧСС — 8.

Эти количества примерно одинаковы, так что экстремальные значения атмосферного давления в нашем исследовании с равной вероятностью приводят к повышению САД, ДАД и ЧСС (здесь речь не идет об абсолютных величинах рисков, а скорее о вероятности обнаружить эффект в условиях нашего эксперимента).

Теперь подсчитаем количество положительных статистически значимых эффектов отдельно для низкого и высокого атмосферного давления, резких падений и подъемов атмосферного давления: низкое атмосферное давление — 5; высокое атмосферное давление — 1; падение атмосферного давления — 8; подъем атмосферного давления — 7.

Из этих подсчетов можно сделать вывод, что высокое атмосферное давление, скорее всего, вовсе не является фактором риска, в отличие от низкого атмосферного давления и перепадов давления. Относительно влияния на утренние и вечерние показатели можно заметить, что в таблице 5 из 21 положительного статистически значимого эффекта 10 установлены для утренних и 11 для вечерних показателей, так что здесь не наблюдаем каких-либо различий. Абсолютная величина эффекта довольно мала, для САД не >0,8 мм рт.ст., для ДАД не >0,6 мм рт.ст., а для ЧСС — 0,4 уд./мин.

Поскольку наибольшее количество положительных и статистически значимых эффектов было установлено для падений атмосферного давления, то рисунок 4 показывает влияние этого фактора риска. Восемь из двенадцати эффектов на рисунке 4 положительны и статистически достоверны, что подтверждает опасность резких падений атмосферного давления для здоровья. Если рассматривать

## Результаты метаанализа влияния атмосферного давления

Показатель здоровья	Воздействие	$\mu$ (95% ДИ) $z$ р	Наиболее вероятный лаг (только для значимых эффектов)
САД_утро	<i>low5</i>	-0,404* (-0,761; -0,047) -2,217 0,027	0
	<i>low10</i>	-0,579* (-0,838; -0,320) -4,386 0,000	0
	<i>high90</i>	0,374* (0,017; 0,731) 2,055 0,040	1
	<i>high95</i>	-0,591 (-2,222; 1,040) -0,711 0,477	
	<i>drop5</i>	-0,250 (-0,662; 0,162) -1,191 0,234	
	<i>drop10</i>	-0,250 (-1,091; 0,592) -0,582 0,561	
	<i>jump90</i>	0,505* (0,190; 0,819) 3,144 0,002	0
	<i>jump95</i>	0,565* (0,158; 0,971) 2,721 0,007	0
САД_вечер	<i>low5</i>	0,214 (-0,238; 0,665) 0,927 0,354	
	<i>low10</i>	-0,438* (-0,763; -0,113) -2,642 0,008	2
	<i>high90</i>	0,368 (-0,063; 0,799) 1,674 0,094	
	<i>high95</i>	0,538 (-0,050; 1,125) 1,794 0,073	
	<i>drop5</i>	0,797* (0,291; 1,303) 3,086 0,002	1
	<i>drop10</i>	0,519* (0,132; 0,906) 2,630 0,009	1
	<i>jump90</i>	0,335 (-0,069; 0,739) 1,627 0,104	
	<i>jump95</i>	0,673* (0,155; 1,190) 2,547 0,011	0
ДАД_утро	<i>low5</i>	0,261* (0,037; 0,486) 2,283 0,022	2
	<i>low10</i>	0,151 (-0,022; 0,324) 1,716 0,086	
	<i>high90</i>	0,168 (-0,064; 0,400) 1,416 0,157	
	<i>high95</i>	0,266 (-0,025; 0,556) 1,791 0,073	
	<i>drop5</i>	0,221 (-0,037; 0,478) 1,680 0,093	
	<i>drop10</i>	0,140 (-0,057; 0,338) 1,392 0,164	
	<i>jump90</i>	0,225* (0,026; 0,423) 2,219 0,026	0
	<i>jump95</i>	0,365* (0,110; 0,620) 2,805 0,005	1
ДАД_вечер	<i>low5</i>	0,399* (0,114; 0,684) 2,746 0,006	1
	<i>low10</i>	0,428 (-0,122; 0,978) 1,526 0,127	
	<i>high90</i>	0,137 (-0,746; 1,019) 0,303 0,762	
	<i>high95</i>	0,133 (-0,640; 0,905) 0,337 0,736	
	<i>drop5</i>	0,593* (0,277; 0,909) 3,673 0,000	1
	<i>drop10</i>	0,560* (0,319; 0,801) 4,556 0,000	1
	<i>jump90</i>	0,219 (-0,343; 0,782) 0,764 0,445	
	<i>jump95</i>	0,482* (0,173; 0,791) 3,054 0,002	0
ЧСС_утро	<i>low5</i>	0,259* (0,036; 0,481) 2,278 0,023	2
	<i>low10</i>	0,261* (0,092; 0,430) 3,029 0,002	2
	<i>high90</i>	-0,197 (-0,428; 0,035) -1,664 0,096	
	<i>high95</i>	-0,419* (-0,747; -0,091) -2,504 0,012	0
	<i>drop5</i>	0,433* (0,168; 0,699) 3,198 0,001	0
	<i>drop10</i>	0,325* (0,122; 0,528) 3,144 0,002	0
	<i>jump90</i>	0,188 (-0,020; 0,397) 1,773 0,076	
	<i>jump95</i>	0,139 (-0,128; 0,405) 1,021 0,307	
ЧСС_вечер	<i>low5</i>	0,398 (-0,331; 1,127) 1,071 0,284	
	<i>low10</i>	0,216* (-0,000; 0,432) 1,961 0,050	2
	<i>high90</i>	-0,247 (-0,543; 0,050) -1,631 0,103	
	<i>high95</i>	-0,355 (-0,789; 0,080) -1,599 0,110	
	<i>drop5</i>	0,331* (0,000; 0,662) 1,961 0,050	1
	<i>drop10</i>	0,371* (0,119; 0,623) 2,890 0,004	1
	<i>jump90</i>	0,180 (-0,077; 0,437) 1,370 0,171	
	<i>jump95</i>	0,360* (0,032; 0,689) 2,151 0,031	2

Примечания: величина эффекта  $\mu$  — разница между наблюдаемым и ожидаемым значением показателя здоровья при данном воздействии, ДАД — диастолическое артериальное давление, САД — систолическое артериальное давление, ЧСС — частота сердечных сокращений, *low5* — атмосферное давление <5-го перцентиля, *low10* — атмосферное давление <10-го перцентиля, *high90* — атмосферное давление >90-го перцентиля, *high95* — атмосферное давление >95-го перцентиля, *drop5* — суточный перепад атмосферного давления <5-го перцентиля, *drop10* — суточный перепад атмосферного давления <10-го перцентиля, *jump90* — суточный перепад атмосферного давления >90-го перцентиля, *jump95* — суточный перепад атмосферного давления >95-го перцентиля, указаны только лаги для достоверных эффектов, поскольку в противном случае нельзя отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии влияния и вопрос о наиболее вероятном лаге теряет смысл.

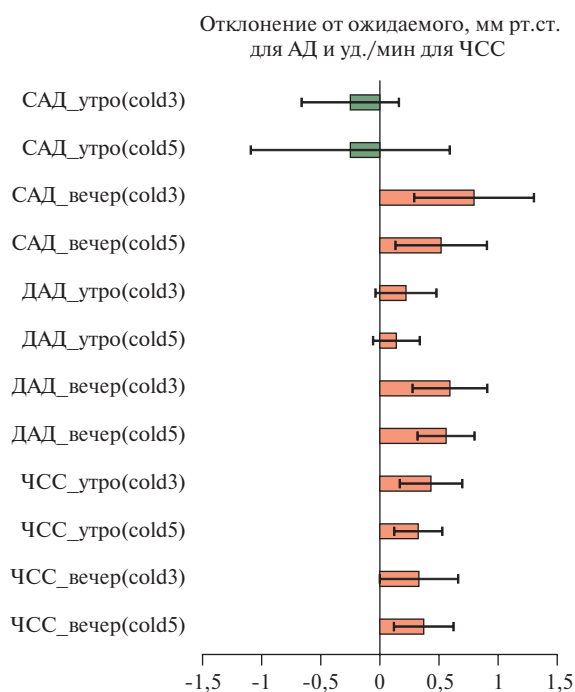


Рис. 4 Результаты метаанализа: совокупная оценка влияния резких падений атмосферного давления на САД, ДАД и ЧСС в трех городах. Ожидаемое — среднее значение показателя в отсутствие перепадов атмосферного давления в те же календарные даты. Индексы *drop5* и *drop10* характеризуют интенсивность воздействия — разность давлений между текущими и предыдущими сутками должна быть меньше соответствующего перцентилля многолетнего распределения этой величины:  $\Delta P < \Delta P_{5\%}$  и  $\Delta P < \Delta P_{10\%}$ . Красным цветом выделено повышение, а зеленым — понижение показателя. Рисунок показывает среднее значение величины эффекта и 95% ДИ.

Примечание: АД — артериальное давление, ДАД — диастолическое АД, ДИ — доверительный интервал, САД — систолическое АД, ЧСС — частота сердечных сокращений. Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

положительные эффекты, то, за исключением показателя "ЧСС вечер", величина эффекта больше для воздействия *drop5*, чем для *drop10*, поскольку в первом случае воздействие сильнее.

Сравнение рисунков 3 и 4 показывает, что влияние температурных волн сильнее по абсолютной величине, чем влияние атмосферного давления. Так, наибольший эффект перепадов атмосферного давления равен  $\sim 0,8$  мм рт.ст. (для показателя "САД вечер"), в то время как для этого же показателя эффект волн жары достигает почти  $-3$  мм рт.ст. (этот эффект отрицателен). Наименее чувствительным к падению атмосферного давления является показатель "ДАД\_утро". Как уже отмечено выше, уменьшение среднего значения показателя "САД\_утро" на рисунке 4 в дни с резкими падениями атмосферного давления, вероятно, объясняется случайным разбросом, и этот эффект не является значимым.

## Обсуждение

Зависимость состояния здоровья от погодных условий была подмечена еще в далекой древности, тем не менее, проблема и сегодня остается недостаточно изученной. Как показал опрос [6], к метеозависимым относят себя подавляющее число больных АГ. Почти в половине случаев метеозависимость проявляется в отношении колебаний АД: повышением (45%) или, значительно реже, избыточным снижением (14%). Чаще всего метеопатические реакции провоцируют резкие колебания атмосферного давления и температуры воздуха (об этом заявили 68,2% опрошенных), на втором месте — жара и стабильно высокое атмосферное давление. Представленные в данной статье результаты позволили объективно подтвердить эти утверждения.

Начнем с влияния температуры. Как и ожидалось, волны холода ассоциируются с повышением АД, однако только систолического. Эффект отмечается непосредственно в момент волны холода и сохраняет статистическую достоверность до 3-го дня после нее. Аналогичные тенденции отмечались и в предыдущих работах [7, 8]. Такой эффект вполне объясним с точки зрения физиологии. В ряде исследований с участием больных сердечно-сосудистыми заболеваниями [9, 10] было продемонстрировано уменьшение активности парасимпатической системы в холодное время года с соответствующим усилением симпатических влияний. Симпатическая нервная система, главный "локомотив" срочной адаптации к холоду и к другим метеорологическим воздействиям, отвечает за несократительный термогенез и уменьшение теплоотдачи посредством регуляции кровотока. Обратной стороной этого процесса может быть гипертензивное, проаритмогенное, протромботическое и провоспалительное действие, а также развитие эндотелиальной дисфункции. Результатом может стать увеличение риска развития ССО. Так, по данным европейского проекта Всемирной организации здравоохранения [11], снижение температуры атмосферного воздуха на  $1^\circ\text{C}$  ниже порогового уровня ассоциируется с ростом смертей от сердечно-сосудистых заболеваний на 1,72% и от цереброваскулярных болезней на 1,25%. Можно ожидать, что влияние на гемодинамику будет более выражено в первые дни волны холода, в дальнейшем это влияние нивелируется за счет включения долгосрочных адаптационных механизмов, как биологических, так и поведенческих, включая, по всей видимости, и коррекцию терапии.

Во время волн жары наблюдается обратная картина: АД снижается, а ЧСС повышается. Причем, в отличие от волны холода, жара влияет и на САД, и на ДАД, амплитуда эффекта в  $\sim 3$  раза больше и, постепенно уменьшаясь, сохраняет свою статистическую значимость до 11-го дня, а не до 3-го. По

данным наших предыдущих исследований, реакция сердечно-сосудистой системы больных неосложненной АГ на воздействие волн жары аналогична физиологической адаптивной реакции, по крайней мере на первом этапе, и характеризуется снижением АД и уменьшением жесткости сосудистой стенки [12-14]. Эти реакции, по всей видимости, связаны с улучшением эндотелиальной функции сосудов, обусловленной активацией NO-синтазы под воздействием термической стимуляции. Важно, что избыточное снижение АД во время волны жары ассоциируется с большим риском ССО [14], что необходимо учитывать при коррекции терапии. Разнонаправленная динамика АД и ЧСС во время температурных волн ожидаема и объясняется необходимостью поддержания стабильной гемодинамики. Расширение кожных сосудов обеспечивает перераспределение тепла тела, направляя теплую кровь от центра тела к коже, поддерживая конвективную и радиационную потерю тепла, в то время как внутреннее потоотделение обеспечивает повышенный потенциал испарения с поверхности кожи. Значительное увеличение кожного кровотока после расширения кожных сосудов во время теплового воздействия может привести к значительному увеличению нагрузки на сердечно-сосудистую систему [15]. Низкое периферическое сопротивление требует более высокого сердечного выброса для поддержания среднего АД. Но при сохранении ударного объема в вертикальном положении требуется значительное увеличение ЧСС [16]. Кроме того, если потерянная организмом жидкость не восполняется должным образом, кумулятивный дефицит воды в организме (гипогидратация, дегидратация) может усугубить нагрузку на сердечно-сосудистую систему за счет уменьшения объема плазмы, а затем и общего объема крови [17].

Более сильное влияние жары на гемодинамические показатели может быть связано с тем, что жители сибирских городов и особенно их жилища исторически лучше адаптированы к морозу, чем к жаре. По данным Saeki K, et al. (2014) [18], на величину амбулаторного АД в зимний период влияла температура внутри помещения, но не снаружи. Таким образом, наличие центрального отопления сглаживает влияние волны холода. Интересно, что влияние волн холода и жары на вечерние, т.е. после пребывания на открытом воздухе, показатели сильнее, чем на утренние. Также важно, что влияние коротких волн жары значительнее, чем длинных. Иными словами, сердечно-сосудистая система наиболее активно участвует именно в краткосрочной адаптации как к холоду, о чем мы писали выше, так и к жаре.

Второй задачей нашего исследования было оценить влияние атмосферного давления. Работ, касающихся этого вопроса, значительно меньше. В доступной литературе удалось найти несколько

работ, демонстрирующих рост числа вызовов скорой медицинской помощи (СМП) и экстренных госпитализаций по сердечно-сосудистым причинам в периоды резких перепадов атмосферного давления. Причем в работе, проведенной в Новосибирске, что представляет для нас особый интерес, выявлена тесная корреляция атмосферного давления и частоты вызовов СМП по причине инфарктов миокарда, гипертонических кризов, инсультов при резком изменении атмосферного давления в сочетании с магнитной бурей [14]. АД является физиологическим параметром, наиболее чувствительным к колебаниям атмосферного давления [7, 19-21]. При анализе экстренных госпитализаций в одну из московских больниц выявлено увеличение их числа при экстремальных значениях атмосферного давления. Рост числа госпитализаций ассоциировался с отклонением атмосферного давления от среднего на 15 мм рт.ст., понижением атмосферного давления <735 мм рт.ст. (и особенно <720 мм рт.ст.), а также с резким изменением атмосферного давления независимо от направленности, но динамика АД в этом исследовании не изучалась [22]. В настоящем исследовании выявлено влияние значительно меньших отклонений атмосферного давления от условной нормы на значения АД и ЧСС. Показано хотя и небольшое в абсолютных числах, но статистически значимое негативное влияние низкого атмосферного давления и резких скачков атмосферного давления. Высокое атмосферное давление, по всей видимости, не оказывало воздействия на гемодинамику. Наибольший риск повышения АД ассоциировался с резкими падениями атмосферного давления. Причем эффект "дозозависимый", т.е. он более выражен при более сильных падениях атмосферного давления.

Полученные нами результаты подтверждают, что сосудистый тонус способен быстро измениться в результате реакции вегетативной нервной системы на воздействие не только температуры, но и других метеорологических факторов, включая резкие колебания атмосферного давления. Однако влияние температурных волн сильнее. Так, наибольший эффект перепадов атмосферного давления для показателя "САД вечер" равен ~0,8 мм рт.ст., в то время как для этого же показателя эффект волн жары достигает почти -3 мм рт.ст. Аналогичные выводы были сделаны Беляевой В.А. (2016) [7] при анализе корреляционных связей между метеопараметрами и частотой вызовов СМП.

**Основным ограничением** настоящего исследования является короткий период исследования. Нам были доступны временные ряды суточного разрешения за период ~13 мес. Обычно в публикациях такого рода изучаются многолетние временные ряды, что повышает статистическую достоверность

регрессионных коэффициентов в разработанных нами моделях смертности (1)-(2). Если нам станут доступны более длинные временные ряды суточных значений АД и ЧСС, то представляется целесообразным сделать реанализ полученных результатов с учетом новых данных. Точность нашего исследования также может возрасти при учете в моделях смертности других метеорологических факторов (влажность воздуха, скорость ветра), которые могут влиять на изучаемые физиологические показатели, а также некоторых нерегулярных сезонных событий, таких как эпидемии гриппа и острых респираторных вирусных инфекций. При этом регулярные сезонные факторы — такие как сезон отпусков летом или снижение уровня физической активности зимой — уже учитываются примененным алгоритмом сезонного сглаживания, например, *spline (DOY)* в модели (2).

## Заключение

Получено подтверждение влияния метеофакторов на гемодинамику больных АГ, даже нахо-

дящихся на АГТ. Таким образом, АГТ сглаживает метеозависимость, но не устраняет ее полностью. Факторами риска, ведущими к повышению АД, показали себя волны холода, низкое атмосферное давление и его резкие колебания. Также низкое атмосферное давление и его резкие колебания статистически связаны с увеличением ЧСС. Волны жары ведут к снижению АД и росту ЧСС. Дальнейшее изучение влияния метеофакторов на показатели АД и ЧСС имеет большую практическую значимость. Представляется перспективным использование для этой цели метода ДМиКАДиЧП, поскольку он позволяет объективно оценивать АД и ЧСС в условиях реальной жизни.

**Отношения и деятельность.** Государственное задание, рег. № НИОКТР 124013000806-5 (Разработка алгоритма ведения больных артериальной гипертензией с коморбидной патологией с использованием платформы "Персональные медицинские помощники").

## Литература/References

- Gorbulnov VM, Smirnova MI, Volkov DA. Problems in the assessment of seasonal blood pressure variability. *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2017;20(5):83-9. (In Russ.) Горбунов В. М., Смирнова М. И., Волков Д. А. Проблемы оценки сезонной вариабельности артериального давления. *Профилактическая медицина*. 2017;20(5):83-9. doi:10.17116/profmed201720583-89.
- Rogoza AN, Koncevaia AV, Drozdova LYu, et al. Temporary guidelines for remote monitoring of arterial hypertensive patients using medical products and Russian information systems designed for monitoring of the patient's health status v.2.0 (in the framework of implementation of the Federal project "Personal Medical Assistants"). М.: Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center Of Cardiology Named After Academician E. I. Chazov Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation? Pavlov First Saint Petersburg State Medical University. 2023. 110 p. (In Russ.) Рогоза А. Н., Концевая А. В., Дроздова Л. Ю. и др. Временные методические рекомендации по дистанционному наблюдению больных артериальной гипертензией с применением медицинских изделий и российских информационных систем, предназначенных для мониторинга состояния здоровья пациента версия 2.0 (в рамках реализации федерального проекта "персональные медицинские помощники") М.: ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е. И. Чазова" Минздрава России, ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины" Минздрава России, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова., 2023. 110 с.
- Kobalava ZhD, Konradi AO, Nedogoda SV, et al. 2024 Clinical practice guidelines for Hypertension in adults. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(9):6117. (In Russ.) Кобалава Ж. Д., Конради А. О., Недогода С. В. и др. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2024. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(9):6117. doi:10.15829/1560-4071-2024-6117.
- Revich BA, Shaposhnikov DA. Features of the impact of cold and heat waves on mortality in cities with a sharply continental climate. *Siberian Medical Review*. 2017;(2):84-90. (In Russ.) Ревич Б. А., Шапошников Д. А. Особенности воздействия волн холода и жары на смертность в городах с резко-континентальным климатом. *Сибирское медицинское обозрение*. 2017;(2):84-90. doi:10.20333/2500136-2017-2-84-90.
- Shaposhnikov DA, Revich BA. Impact of heat waves and cold spells on mortality in cities located in the Russian Arctic macro-region. *Human Ecology*. 2023;30(4):287-300. (In Russ.) Шапошников Д. А., Ревич Б. А. Оценка зависимости избыточной смертности населения в городах Арктического макрорегиона от температурных волн. *Экология человека*. 2023;30(4):287-300. doi:10.17816/humeco111013.
- Smirnova MD, Barinova IV, Ageev FT, et al. Meteosensitivity in patients with arterial hypertension: manifestations and predictors. *Russ Cardiol Bull*. 2018;13(4):23-9. (In Russ.) Смирнова М. Д., Барина И. В., Агеев Ф. Т. и др. Метеочувствительность у больных артериальной гипертензией: проявления и предикторы. *Кардиологический вестник*. 2018;13(4):23-9. doi:10.17116/Cardiobulletin20181304123.
- Belyaeva VA. The impact of meteo-factors on increase of arterial blood pressure. *Health Risk Analysis*. 2016;(4):17-22. (In Russ.) Беляева В. А. Влияние метеофакторов на частоту повышения артериального давления. *Анализ риска здоровью*. 2016;(4):17-22. doi:10.21668/health.risk/2016.4.02
- Modesti PA, Morabito M, Massetti L, et al. Seasonal blood pressure changes: an independent relationship with temperature and daylight hours. *Hypertension*. 2013;61(4):908-14. doi:10.1161/HYPERTENSIONAHA.111.00315.
- Kozlovskaya IL, Bulkina OS, Karpov YuA, et al. Seasonal and air temperature effects in patients with stable ischemic heart disease. *Journal doctor.ru*. 2016;(2):5-11. (In Russ.) Козловская И. Л., Булкина О. С., Карпов Ю. А. и др. Влияние времени года и температуры воздуха на состояние пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца. *Доктор.Ру*. 2016;(2):5-11.
- Wasserman EB, Zareba W, Utell MJ. Acute changes in Ambient Temperature are Associated with Adverse Changes in Cardiac

- Rhythm. *Air Qual Atmos Health*. 2014;7(3):357-67. doi:10.1007/s11869-014-0244-0.
11. Analitis A, Katsouyanni K, Biggeri A, et al. Effects of cold weather on mortality: results from 15 European cities within the PHEWE Project. *Am J Epidemiol*. 2008;168(12):1397-408. doi:10.1093/aje/kwn266.
  12. Gora EP. *Human Ecology*. М.: Дрофа, 2007. 145 p. (In Russ.) Гора Е.П. Экология человека. М: Дрофа, 2007. 145 с. ISBN: 978-5-358-00773-4.
  13. Rodnenkov OV, Rogoza AN, Ryabykina GV, et al. Human thermal regulation mechanisms under heat stress. In: Ageev FT, Smirnova MD, Rodnenkov OV. *Heat and cardiovascular system*. Moscow: Practica, 2015, 184 p. (In Russ.) Родненков О.В., Рогоза А.Н., Рябыкина Г.В. и др. Механизмы терморегуляции человека во время жары. В кн. Агеев Ф.Т., Смирнова М.Д., Родненков О.В. Жара и сердечно-сосудистая система. М.: Практика, 2015. 184 с. ISBN: 9785898161453.
  14. Smirnova MD, Ageev FT, Svirida ON, et al. Health effects of hot summer weather in patients with intermediate and high cardiovascular risk. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2013;12(4):56-61. (In Russ.) Смирнова М.Д., Агеев Ф.Т., Свирида О.Н. и др. Влияние летней жары на состояние здоровья пациентов с умеренным и высоким риском сердечно-сосудистых осложнений. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2013;12(4):56-61. doi:10.15829/1728-8800-2013-4-56-61.
  15. Rowell LB. Cardiovascular aspects of human thermoregulation. *Circ Res*.1983;52:367-79. doi:10.1161/01.res.52.4.367.
  16. Minson CT, Wladkowski SL, Cardell AF, et al. Age alters the cardiovascular response to direct passive heating. *J Appl Physiol*. 1998;84:1323-32. doi:10.1152/jappl.1998.84.4.1323.
  17. Sawka MN, Young AJ, Francesconi RP, et al. Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypohydration levels. *J Appl Physiol*. 1985;59:1394-401. doi:10.1152/jappl.1985.59.5.1394.
  18. Saeki K, Obayashi K, Iwamoto J, et al. Stronger association of indoor temperature than outdoor temperature with blood pressure in colder months. *J Hypertens*. 2014;32(8):1582-9. doi:10.1097/HJH.0000000000000232.
  19. Hasnulin VI, Voevoda MI, Artamonova MV, et al. Dependence of an ambulance call frequency to the patients with hypertensive crisis, myocardial infarction, acute cerebrovascular from the air temperature, atmospheric pressure and geomagnetic disturbances combined action in Novosibirsk. *Modern Problems of Science and Education*. 2015;4. (In Russ.) Хаснулин В.И. Воевода М.И., Артамонова М.В. и др. Зависимость частоты вызовов скорой помощи к пациентам с гипертоническими кризами, инфарктами миокарда, острыми нарушениями мозгового кровообращения от сочетанного действия температуры воздуха, атмосферного давления и геомагнитных возмущений в Новосибирске. Современные проблемы науки и образования. 2015;4. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21289>.
  20. Modesti PA, Morabito M, Bertolozzi I, et al. Weather-related changes in 24-hour blood pressure profile: effects of age and implications for hypertension management. *Hypertension*. 2006;47(2):155-61. doi:10.1161/01.HYP.0000199192.17126.d4.
  21. Rogoza AN, Oshchepkova EV, Breus TK, et al. How geomagnetic activity and weather influence arterial hypertensive patients. *Clinical Medicine*. 2007;85(1):31-5. (In Russ.) Рогоза А.Н., Ощепкова Е.В., Бреус Т.К. и др. К вопросам влияния геомагнитной и метеорологической активности на больных артериальной гипертонией. Клиническая медицина. 2007;85(1): 31-5.
  22. Kulichkov SN, Bush GA, Alekhin AI, et al. On the influence of air pressure fluctuations on hospitalizations of patients with cardiovascular diseases. *Russ Meteorol Hydrol*. 2024;2:29-37. (In Russ.) Куличков С.Н., Буш Г.А, Алехин А.И. и др. К вопросу о влиянии флуктуаций атмосферного давления на госпитализацию больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Метеорология и Гидрология. 2024;2:29-37. doi:10.52002/0130-2906-2024-2-29-37.