

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco635354>

EDN: HIOESZ



Прогностические модели заболеваемости артериальной гипертензией у населения Западной Сибири в условиях климатических изменений

С.В. Андронов^{1,2}, Е.Н. Богданова^{1,3}, О.М. Шадуйко¹, А.А. Лобанов¹¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия;² Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, Россия;³ Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Проблема развития артериальной гипертензии очень актуальна, особенно на территориях высоких широт, в плане сохранения трудоспособности населения, так как нередко приводит к длительной временной нетрудоспособности, повышению рисков инвалидизации и смертности. Изменение климата, в первую очередь сопряжённое с повышенной изменчивостью температуры, отрицательно связано с состоянием сердечно-сосудистой системы.

Цель. Построение прогностических моделей заболеваемости артериальной гипертензией на территории Западной Сибири (в Ямало-Ненецком автономном округе — ЯНАО и Тюменской области) в условиях климатических изменений.

Методы. Проведён мониторинг данных по первичной заболеваемости артериальной гипертензией на 1000 населения в ЯНАО и Тюменской области за 2010–2020 гг. Данные получены из ежегодных отчётов по первичной заболеваемости взрослого трудоспособного населения с официального сайта Минздрава России и среднегодовых значений температуры воздуха на основании данных Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Для исследования временного ряда использовали критерии Дики–Фуллера. Прогнозирование осуществляли на основе методологии Бокса–Дженкинса (АРПСС). Прогноз рассчитывали в подмодуле «Временные ряды/прогнозирование» с использованием модели авторегрессии и скользящего среднего АРПСС.

Результаты. Прогностические модели подтвердили наличие тенденции роста первичной заболеваемости артериальной гипертензией среди населения Арктической зоны Западной Сибири с учётом климатических изменений в течение 5 лет.

Заключение. С целью предотвращения роста артериальной гипертензии на региональном уровне следует разработать комплекс профилактических мероприятий, который позволит компенсировать влияние климатических изменений и обеспечит устойчивое формирование адаптационных механизмов для сохранения здоровья населения.

Ключевые слова: сердечно-сосудистые заболевания; физиологическая адаптация; прогнозирование; Арктический регион; изменение климата.

Как цитировать:

Андронов С.В., Богданова Е.Н., Шадуйко О.М., Лобанов А.А. Прогностические модели заболеваемости артериальной гипертензией у населения Западной Сибири в условиях климатических изменений // Экология человека. 2025. Т. 32, № 3. С. 160–171. DOI: 10.17816/humeco635354 EDN: HIOESZ

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco635354>

EDN: HIOESZ

Predictive Models for Hypertension Incidence in the Population of Western Siberia Under Climate Change Conditions

Sergei V. Andronov^{1,2}, Elena N. Bogdanova^{1,3}, Olga M. Shadyko¹, Andrey A. Lobanov¹¹ Tomsk State University, Tomsk, Russia;² Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia;³ Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The development of arterial hypertension is a highly relevant issue, especially in high-latitude regions, due to its significant impact on the working population. It often leads to prolonged temporary incapacity to work, increasing the risks of disability and mortality. Climate change, primarily associated with increased temperature variability, has a negative impact on the cardiovascular system.

AIM: The work aimed to develop predictive models for hypertension incidence in Western Siberia (Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, YNAO and Tyumen Oblast) under climate change conditions.

METHODS: Monitoring of primary incidence rates of hypertension per 1000 population in YNAO and the Tyumen Oblast for the period 2010–2020 was conducted. The data were obtained from the annual reports on primary morbidity in the working-age adult population from the official website of the Ministry of Health of the Russian Federation, and from the average annual air temperature provided by the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. The Dickey–Fuller test was used for time series analysis. Forecasting was performed using the Box–Jenkins method (ARIMA). The forecast was calculated using the Time Series/Forecasting submodule based on the autoregressive integrated moving average (ARIMA) model.

RESULTS: The predictive models confirmed a growing trend the primary of hypertension in the Arctic zone of Western Siberia over the next five years, taking into account climate change.

CONCLUSION: To prevent the increase in hypertension at the regional level, a comprehensive set of preventive measures should be developed to mitigate the impact of climate change and support the sustainable formation of adaptive mechanisms for preserving public health.

Keywords: cardiovascular diseases; physiological adaptation; forecasting; Arctic region; climate change.

To cite this article:

Andronov SV, Bogdanova EN, Shadyko OM, Lobanov AA. Predictive models for hypertension incidence in the population of Western Siberia under climate change conditions. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(3):160–171. DOI: 10.17816/humeco635354 EDN: HIOESZ

Received: 23.08.2024

Accepted: 23.05.2025

Published online: 27.06.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco635354>

EDN: HIOESZ

气候变化背景下西西伯利亚居民高血压发病率的预测模型

Sergei V. Andronov^{1,2}, Elena N. Bogdanova^{1,3}, Olga M. Shadyko¹, Andrey A. Lobanov¹¹ Tomsk State University, Tomsk, Russia;² Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia;³ Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

摘要

论证。 高血压发病问题在高纬度地区尤为严峻，对于劳动人口工作能力的维持具有重要意义。高血压常导致长期暂时性丧失劳动能力，并显著增加致残和死亡的风险。气候变化，首要特征为气温变异性增加，其与心血管系统的健康状况呈负相关关系。

目的。 在气候变化条件下，建立适用于西西伯利亚地区(Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, YNAO 和 Tyumen Oblast) 高血压发病率的预测模型。

材料与方法。对2010—2020年YNAO和Tyumen Oblast每千人口高血压初发病率进行了动态监测。数据来源包括：Ministry of Health of the Russian Federation官方网站发布的劳动年龄人口高血压初发病率年度报告，以及Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring提供的年平均气温数据。时间序列的研究采用了迪基-富勒检验。预测是基于Box-Jenkins方法（ARIMA）进行的。预测计算在“时间序列/预测”子模块中，使用自回归整合滑动平均模型（ARIMA）完成。

结果。 所构建的预测模型证实，考虑气候变化因素后，西西伯利亚北极地区居民的高血压初发病率在未来5年内存在增长趋势。

结论。 为在地区层面遏制高血压发病率上升趋势，有必要制定综合性预防策略，以减弱气候变化对人群健康的不利影响，促进适应性机制的稳定建立，从而保障公众健康水平。

关键词： 心血管疾病；生理适应；预测；北极地区；气候变化。

引用本文：

Andronov SV, Bogdanova EN, Shadyko OM, Lobanov AA. 气候变化背景下西西伯利亚居民高血压发病率的预测模型. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(3):160–171. DOI: 10.17816/humeco635354 EDN: HIOESZ

收到: 23.08.2024

接受: 23.05.2025

发布日期: 27.06.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Согласно данным рабочей группы по объединённым моделям Всемирной программы исследования климата (WCRP), наиболее значительные изменения климата Земли происходят в области высоких широт Северного полушария. Если линейный тренд среднегодовой температуры воздуха с 1976 по 2019 г. для земного шара составил $+0,16\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, то для Северного полушария скорость потепления в два раза выше — $+0,32\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ ¹. Ещё более высокие темпы потепления характерны для российского сектора Арктики, где линейный рост среднегодовой температуры достигает около $2,43\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 30 лет (или $0,81\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$) [1]. Значительно ускоренное потепление Арктики отмечается с 1990-х гг.: быстрое потепление зим в 1970–1995 гг. и последующее похолодание — до 2010 г. [2].

Состояние внешней среды, природные условия вносят значительный вклад в формирование антропоэкологической ситуации. Согласно выводам, представленным в шестом докладе по итогам оценки Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), климатические риски растут опережающими темпами, что усложняет адаптацию к усилению глобального потепления². Ещё в 2009 г. комиссия «Ланцет по вопросам здравоохранения и изменения климата» (The Lancet Health and Climate Change Commission) предупредила, что изменение климата является самой большой угрозой для здоровья населения планеты в XXI в. [3]. Одна из групп риска, уязвимая к последствиям изменений климата, — это лица, страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями, так как экстремальные температуры повышают риск неблагоприятных сердечно-сосудистых исходов [4, 5].

Современные тенденции глобального потепления и изменения климата оказывают глубокое влияние на эпидемиологию гипертонии и сердечно-сосудистых заболеваний, поскольку могут существенно повлиять как на вариабельность артериального давления, так и на сердечно-сосудистые заболевания, особенно у лиц с высоким сердечно-сосудистым риском и пожилых людей [6]. Вместе с тем Всемирная организация здравоохранения недооценивает влияние изменения климата на развитие артериальной гипертонии (АГ), по-прежнему отмечая среди ключевых факторов риска нездоровое питание, недостаточную физическую активность, употребление табака и алкоголя, избыточную массу тела, ожирение и загрязнение воздуха³. Однако исследования учёных

с 1990-х гг. [7] подтверждают взаимосвязь повышения среднегодовой температуры воздуха из-за климатических изменений и развития риска АГ у пациентов групп риска [6, 8, 9].

Несмотря на наметившуюся в Российской Федерации устойчивую тенденцию к снижению смертности от болезни системы кровообращения, на территории страны эти показатели остаются одними из самых высоких в мире [10] и являются ведущей причиной смертности населения (более 50%). Значительное число исследований в России посвящено выявлению зависимости смертности от температуры воздуха, в частности, от волн тепла и холода. Некоторые подходы к изучению рисков температурных волн для здоровья были предложены российскими учёными в начале 2010-х гг. [11]. Также строились модели и разрабатывались прогнозы дополнительной смертности при повышении среднегодовой температуры воздуха как для отдельных городов [12, 13], так и для регионов России [14, 15]. Однако специфических работ о влиянии повышения температуры воздуха на развитие АГ, основанных на долговременном мониторинге в привязке к регионам с дискомфортными климатическими характеристиками, пока недостаточно [16].

Проблема развития АГ особенно актуальна на территориях высоких широт в плане сохранения трудоспособности, так как нередко приводит к длительной временной нетрудоспособности, повышению рисков инвалидизации и смертности населения. Соответственно, панели наблюдений, содержащих сведения о чувствительности пациентов к таким колебаниям, обеспечат формирование ценной базы знаний, которая необходима для своевременной корректировки адаптационных планов в Арктическом регионе, который весьма сензитивно реагирует на изменения климата.

Цель

Построение прогностических моделей заболеваемости АГ на территории Западной Сибири (в Ямало-Ненецком автономном округе — ЯНАО и Тюменской области) в условиях климатических изменений.

МЕТОДЫ

Проведён мониторинг данных о заболеваемости АГ на 1000 человек взрослого трудоспособного населения в ЯНАО и Тюменской области за 2010–2020 гг. и построена прогностическая модель заболеваемости АГ в зависимости от изменения климата. Материалом исследования являются статистические данные по первичной заболеваемости взрослого трудоспособного населения из ежегодных отчётов Минздрава Российской Федерации⁴ и среднегодовые значения температуры воздуха

¹ World Climate Research Programme. Режим доступа: <https://www.wcrp-climate.org> Дата обращения: 12.08.2024.

² Изменение климата. Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health> Дата обращения: 24.06.2024.

³ Гипертония. Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/hypertension> Дата обращения: 24.06.2024.

⁴ Министерство здравоохранения Российской Федерации. Режим доступа: <https://minzdrav.gov.ru/ru> Дата обращения: 24.06.2024.

в Салехарде и Тюмени на основании данных Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды⁵.

Выбор территории для изучения тенденции развития АГ обусловлен тем, что Сибирь является модульным регионом для исследования изменений климата. Пережившая катастрофические волны жары в 2010 и 2012 гг., она является одним из регионов, где в последнее время повысилась частота экстремальных климатических явлений [17]. Прогностические модели первичной заболеваемости АГ в ЯНАО и Тюменской области позволяют выявить тренды адаптации к повышению среднегодовых температур воздуха населения Арктической зоны Западной Сибири (ЯНАО), по сравнению с её более южным регионом — Тюменской областью.

Для анализа временных рядов выбрана пошаговая методика, которая включала пять этапов [18]:

- 1) построение временного ряда;
- 2) проверка ряда на стационарность, в результате чего определяется класс используемой модели — ARMA или ARIMA;
- 3) подбор параметров модели;
- 4) оценка достоверности и адекватности построенной модели;
- 5) прогноз на основе исследуемого временного ряда.

Прогнозирование осуществляли на основе методологии Бокса–Дженкинса (АРПСС). Для стационарного временного ряда была использована модель, которая структурно включала комбинации авторегрессии порядка p и скользящую среднюю порядка q . Для нестационарных данных Боксом и Дженкинсом предложена модель ARIMA (p, d, q), где p, d, q — структурные параметры, характеризующие порядок для соответствующих частей модели (авторегрессионной, интегрированной и скользящего среднего) [19].

В итоге работы построены среднесрочные (5 лет) модели прогноза развития АГ. Для оценки связи между временными рядами температуры и заболеваемостью АГ применили кросс-корреляционный анализ, включая создание моделей с распределённым лагом [20]. Для снижения вероятности мультиколлинеарности использовали методику Альмона [21].

Для исследования временного ряда использовали критерии Дики–Фуллера [22]. Проверку адекватности модели проводили с помощью критерия Акаике (AIC) [23]. Прогноз построен путем расчёта в подмодуле «Временные ряды/прогнозирование» с использованием модели авторегрессии и скользящего среднего АРПСС.

Обработку полученных результатов выполняли с помощью пакета программ Statistica for Windows, v.

8.0 (StatSoft Inc., США) и Microsoft Excel (Microsoft, США). Достоверность различий считали установленной при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 1 представлены временные ряды по динамике заболеваемости АГ на 1000 человек населения и среднегодового значения температуры воздуха в ЯНАО до преобразования, на рис. 2 — временной ряд по первичной заболеваемости АГ на 1000 человек населения в Тюменской области и среднегодового значения температуры воздуха в Тюменской области до преобразования.

Далее провели кросс-корреляционный анализ между временными рядами температуры и заболеваемости АГ в ЯНАО и Тюменской области, для поиска связи изменяли длину лага и степень полинома Альмона. Нашли,

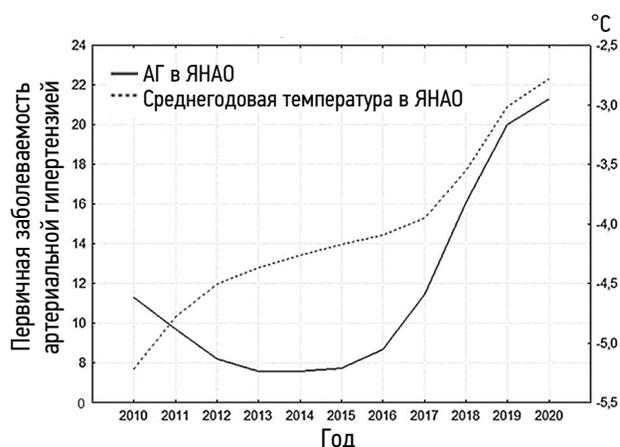


Рис. 1. Временные ряды первичной заболеваемости артериальной гипертензией (АГ) на 1000 человек населения и среднегодового значения температуры воздуха (°C) в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО) до преобразования.

Fig. 1. Time series of primary incidence of hypertension per 1000 population and average annual air temperature (°C) in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (YNAO) prior to transformation.



Рис. 2. Временные ряды первичной заболеваемости артериальной гипертензией (АГ) на 1000 человек населения и среднегодового значения температуры воздуха (°C) в Тюменской области до преобразования.

Fig. 2. Time series of primary incidence of hypertension per 1000 population and average annual air temperature (°C) in the Tyumen Oblast before transformation.

⁵ Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Режим доступа: <https://www.meteorf.gov.ru/> Дата обращения: 24.06.2024.

Almon Polyn. Distr.Lags; Regression Coefficients (Анализ ЯНАО1.sta) Indep: АГ в ЯНАО Dep: Среднегодовая температура ЯНАО Салехард Lag: 3 Polyn. order: 2 R= ,9886 R-square= ,9773 N: 8					Almon Polyn. Distr.Lags; Analysis of Variance Indep: АГ в ЯНАО Dep: Среднегодовая темп Lag: 3 Polyn. order: 2 R= ,9886 R-square= ,97					
Lag	Regressn Coeff.	Standard Error	t(4)	p	Effect	Sums of Squares	df	Mean Square	F	p
0	-0,325919473584	0,094989413173	-3,43111366515	0,026508568726	Regress.	137,3758	4	34,34396	43,14358	0,001516
1	0,401889511736	0,079732124464	5,04049671872	0,007279526161	Residual	3,1842	4	0,79604		
2	0,262204624396	0,087473805767	2,99752162488	0,040039724917	Total	140,5600				
3	-0,744974135605	0,088968513587	-8,37345826705	0,001112567941						

Almon Polyn. Distr.Lags; Alpha Coefficients (Анализ ЯНАО1.sta) Indep: АГ в ЯНАО Dep: Среднегодовая температура ЯНАО Салехард Lag: 3 Polyn. order: 2 R= ,9886 R-square= ,9773				
poly-nomial	Alpha Coeff.	Standard Error	t(5)	p
0	-0,325919473584	0,094989413173	-3,43111366515	0,018613136327
1	1,161555921651	0,244521724648	4,75031788412	0,005103080977
2	-0,433746936330	0,079002220943	-5,49031319819	0,002736168573

Рис. 3. Расчётные статистики модели с распределёнными лагами между температурой и первичной заболеваемостью артериальной гипертензией для Ямало-Ненецкого автономного округа.

Fig. 3. Estimation statistics of the distributed lag model between temperature and hypertension incidence in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug.

что для описания зависимости между температурой и заболеваемостью в ЯНАО наилучшим качеством приближения коэффициента детерминации (0,97) обладает модель со степенью полинома 2. Наивысший уровень статистической значимости при этом соответствует длине лага 3 (рис. 3).

Полученные расчётные статистики позволяют написать модель зависимости показателя первичной заболеваемости АГ от среднегодовой температуры для ЯНАО в явном виде (первичная заболеваемость АГ измеряется как число случаев на 1000 населения, температура — в градусах Цельсия):

$$\text{Заболеваемость}_{\text{АГ}}(t) = -0,32592 \times \text{Температура}(t) + 1,162 \times \text{Температура}(t-1) - 0,434 \times \text{Температура}(t-2).$$

После необходимых преобразований и проверки их адекватности выполнен прогноз на основе исследуемого временного ряда. Модель ARIMA (p, d, q) «АГ в ЯНАО» можно описать как (0, 0, 1) (0, 1, 0), начальный SS=87,2, окончательный SS=43,9, MS остатков=5,5. Критерий Акаике равен 8. Параметры модели: d=1; q=1; константа модели равна 0,998±1,51; рассчитанный программой Statistica q равен -0,99±0,025 (рис. 4).

Таким образом, итоговая модель приняла следующий вид:

$$\Delta X = 0,998 - 0,99 \Delta X_{t-1} + 1 \Delta X_{t-2} + \epsilon_t.$$

При помощи полученной модели спрогнозированы значения первичной заболеваемости АГ в ЯНАО на 5 лет вперёд. Результаты прогноза приведены в табл. 1.

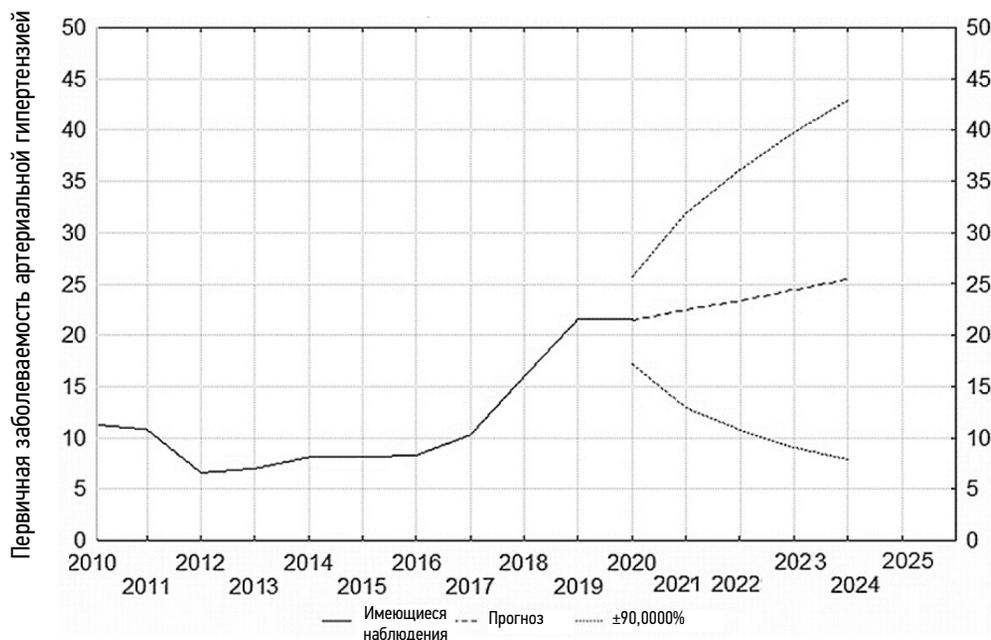


Рис. 4. ARIMA-модель прогноза первичной артериальной гипертензии в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО).

Fig. 4. ARIMA forecast of hypertension incidence in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (YNAO).

Таблица 1. Прогностические значения первичной заболеваемости артериальной гипертензией (на 1000 трудоспособного населения) в Ямало-Ненецком автономном округе на 5 лет**Table 1.** Predictive values of incidence of hypertension (per 1000 working-age population) in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug for a 5-year period

Год наблюдения	Прогностическое значение	-90,0%	+90,0%	Стандартная ошибка	Наблюдаемые значения	Остатки
2020	21,44	17,2	25,7	2,302	21,6	0,16
2021	22,44	12,9	31,96	5,12	23,65	1,2
2022	23,44	10,7	36,2	6,9	24,5	1,1
2023	24,44	9,1	39,8	8,25	–	–
2024	25,43	7,9	42,97	9,43	–	–

Примечание. Выделены преобразованные данные согласно постановлению и сборнику с сайта департамента здравоохранения Ямало-Ненецкого автономного округа за 2022 г.

Almon Polyn. Distr.Lags; Regression Coefficients (Тюм область.sta) Indep: АГ Dep: Температура Lag: 1 Polyn. order: 0 R= ,9532 R-square= ,9086 N: 10					Almon Polyn. Distr.Lags; Analysis of Variance (Тюм область.sta) Indep: АГ Dep: Температура Lag: 1 Polyn. order: 0 R= ,9532 R-square= ,9086					
Lag	Regressn Coeff.	Standard Error	t(8)	p	Effect	Sums of Squares	df	Mean Square	F	p
0	0,169906812795	0,017963321029	9,458541242187	0,000012841711	Regress.	72,57865	2	36,28933	39,76178	0,000070
1	0,169906812795	0,017963321029	9,458541242187	0,000012841711	Residual	7,30135	8	0,91267		
					Total	79,88000				

Almon Polyn. Distr.Lags; Alpha Coefficients (Тюм область.sta) Indep: АГ Dep: Температура Lag: 1 Polyn. order: 0 R= ,9532 R-square= ,9086 N: 10				
poly-nomial	Alpha Coeff.	Standard Error	t(9)	p
0	0,169906812795	0,017963321029	9,458541242187	0,00000567!

Рис. 5. Расчётные статистики модели с распределёнными лагами между температурой и первичной заболеваемостью артериальной гипертензией для Тюменской области.**Fig. 5.** Estimation statistics of the distributed lag model between temperature and hypertension incidence in the Tyumen Oblast.

Достоверность и адекватность полученных результатов подтверждены сопоставлением фактических и прогностических параметров, а также на основании высокого значения коэффициента детерминации. Итак, в соответствии с полученными прогностическими оценками динамика значения первичной заболеваемости АГ в ЯНАО на 5 лет примет положительный тренд (см. рис. 4).

Провели кросс-корреляционный анализ между временными рядами температуры и заболеваемости АГ в Тюменской области, для поиска связи изменяли длину лага и степень полинома Альмона и нашли, что для описания зависимости между температурой и заболеваемостью в Тюменской области наилучшим качеством приближения коэффициента детерминации (0,91) обладает модель со степенью полинома 0. Наивысший уровень статистической значимости при этом соответствует длине лага 1 (рис. 5).

Полученные расчётные статистики позволят написать модель зависимости показателя первичной заболеваемости АГ от среднегодовой температуры для Тюменской области в явном виде (первичная заболеваемость АГ измеряется как число случаев на 1000 населения, температура – в градусах Цельсия):

$$\text{Заболеваемость_АГ}(t) = 0,1699 \times \text{Температура}(t) + 0,1699 \times \text{Температура}(t-1).$$

После необходимых преобразований и проверки их адекватности выполнен прогноз на основе исследуемого временного ряда. Модель ARIMA (p, d, q) «АГ в Тюменской области» можно описать как (0, 1, 1) (0, 0, 1), начальный $SS=21,01$, окончательный $SS=9,37$, MS остатков=0,52. Критерий Акаике равен 5. Параметры модели: $d=1$; $q=1$; $Qs=1$ (сезонный лаг 7); константа модели равна $0,43 \pm 0,14$; рассчитанный программой Statistica q равен $-0,13 \pm 0,2$; рассчитанный программой Statistica Qs равен $1,0 \pm 0,008$ (рис. 6).

Таким образом, итоговая модель приняла следующий вид:

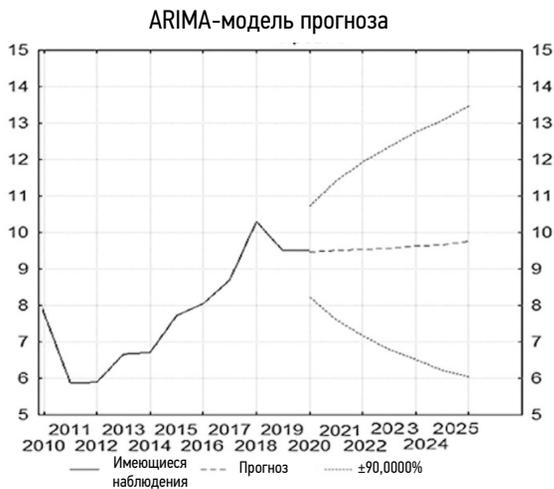
$$Y = 0,43 + (1 + 0,13 \times L) (1 - 0,99 \times L^7) \times \epsilon t.$$

При помощи полученной модели были спрогнозированы значения первичной заболеваемости АГ в Тюменской области на 5 лет вперёд. Результаты прогноза приведены в табл. 2. Достоверность и адекватность полученных результатов подтверждены сопоставлением фактических и прогностических параметров, а также на основании высокого значения коэффициента детерминации.

Согласно данным департамента здравоохранения Тюменской области, в 2021–2022 гг. зафиксирован рост болезни, характеризующейся повышенным кровяным

Таблица 2. Прогностические значения первичной заболеваемости артериальной гипертензией в Тюменской области (на 1000 трудоспособного населения) на 5 лет**Table 2.** Predictive values of incidence of hypertension in the Tyumen Oblast (per 1000 working-age population) for a 5-year period

Год наблюдения	Прогностическое значение	-90,0%	+90,0%	Стандартная ошибка	Наблюдаемые значения	Остатки
2020	9,48	8,22	10,74	0,73	9,5	0,024
2021	9,51	7,61	11,41	1,1	–	–
2022	9,54	7,16	11,92	1,37	–	–
2023	9,57	6,8	12,35	1,6	–	–
2024	9,63	6,51	12,75	1,8	–	–

**Рис. 6.** ARIMA-модель прогноза артериальной гипертензии в Тюменской области.**Fig. 6.** ARIMA forecast of hypertension incidence in the Tyumen Oblast.

давлением: с 11 тыс. случаев в 2021 г. до 15 тыс. в 2022 г. по Тюменской области без автономных округов⁶.

Достоверность и адекватность полученных результатов подтверждены сопоставлением фактических и прогностических параметров, а также на основании высокого значения коэффициента детерминации.

Итак, в соответствии с полученными прогнозными оценками динамика значения первичной заболеваемости АГ в Тюменской области на 5 лет примет медленно восходящий тренд. Полученные результаты во многом свидетельствуют о перспективности выбранного инструментария прогнозирования, основанного на использовании алгоритмов авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

Прогностические модели подтвердили наличие тенденции роста первичной заболеваемости АГ среди

населения арктической зоны Западной Сибири с учётом климатических изменений в течение пяти лет. Мы исходили из гипотезы, что изменение распространённости заболевания АГ в арктической зоне Западной Сибири будет соответствовать динамике распространённости заболеваний в более южных регионах при достижении близких значений среднегодовой температуры. Западная Сибирь является удобным регионом для апробации данной гипотезы, так как территория, расположенная в Арктике (ЯНАО), и южная часть (Тюменская область) близки по этническому, социальному, половозрастному составу и уровню эффективности здравоохранения, не разделены горными системами и находятся в зоне влияния западного переноса воздушных масс, но отличаются среднегодовой температурой.

Обсуждение основного результата исследования

Известно, что изменение климата усилит тепловое воздействие летом, предполагается, что более высокие температуры зимой в значительной степени компенсируют эти неблагоприятные последствия в летнее время, но данное исследование является важным примером того, как вызванная климатом повышенная изменчивость температуры может отрицательно сказаться на здоровье человека даже в холодное время года. В целом исследование дополняет накопленные доказательства того, что изменение климата негативно сказывается на здоровье (в том числе сердечно-сосудистой системы) не только из-за экстремальной жары, но и оказывает значительное круглогодичное неблагоприятное воздействие на человека [24].

В последние годы в научных исследованиях всё чаще отмечается неблагоприятное воздействие погоды и климата на частотность различных симптомов сердечно-сосудистых заболеваний [25, 26], выявлена их связь с «тепловым стрессом». Внезапные изменения метеорологических параметров потенциально влияют на уровень смертности из-за сердечно-сосудистых заболеваний [27]. Например, с понижением температуры в Норвегии отмечен рост заболеваемости и летальных исходов от ишемической болезни сердца [28]. Вместе с тем, по данным

⁶ Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru> Дата обращения: 24.06.2024.

финских учёных [29], была предположена связь между волнами жары и возникновением определённых сердечно-сосудистых заболеваний: подтвердилась взаимосвязь между повышенной температурой воздуха и увеличением числа госпитализаций в больницы Хельсинки по причине цереброваскулярных заболеваний. В другом исследовании подтверждено, что при прогнозе изменения климата с высоким содержанием парниковых газов в большинстве регионов произойдет резкое увеличение смертности, связанной с жарой, которое не будет сопровождаться снижением смертности, связанной с холодом, и приведёт к значительному положительному увеличению смертности [30].

Предыдущие исследования также показали, что воздействие чрезвычайно высоких температур может увеличить потоотделение и приток крови к коже, а также вызвать потерю воды и обезвоживание, увеличить сердечный выброс [31]. Когда происходит нарушение терморегуляции, повышается основная температура тела, что может привести к системному воспалению, окислительному стрессу, эндотелиальной дисфункции и цитотоксическим эффектам, а также потенциально провоцирует ишемию миокарда [32].

Стоит отметить, что вопрос о связи между высокой температурой окружающей среды и госпитализацией по поводу гипертонии требует более детального изучения. В настоящее время подтверждено снижение риска госпитализации, связанной с жарой, но не изучался возможный эффект воздействия холода [33–46]. В более ранних исследованиях отмечалось повышение диастолического и систолического артериального давления в зимний период [37]. Однако есть ряд исследований, которые отрицают очевидную связь между температурным режимом (и его изменчивостью) и риском развития сердечно-сосудистых заболеваний [38], в том числе по причине повышенных температур воздуха (жара) [39, 40].

Механизмы, которые могут привести к развитию сердечно-сосудистых заболеваний: в зимний сезон с низкими температурами повышаются систолическое и диастолическое артериальное давление, концентрация холестерина липопротеидов низкой плотности в сыворотке крови, частота сердечных сокращений, концентрация фибриногена в плазме крови, вязкость тромбоцитов и сужение периферических сосудов, а также снижается уровень холестерина липопротеидов высокой плотности, что повышает риск осложнений у людей с заболеваниями сердца [41–44].

Возраст идентифицируется как возможный фактор риска, поскольку лица старше 65 лет чаще посещают врачей или госпитализируются по поводу сердечно-сосудистых заболеваний [40, 45, 46], что согласуется с результатами более ранних исследований [47, 48]. Это может быть связано с физиологическими изменениями, вызванными старением: пожилые люди испытывают центральную нагрузку на сердечно-сосудистую систему в дополнение к снижению способности к терморегуляции и перераспределению

кровотока, тем самым повышается их уязвимость к высоким температурам. Таким образом, влияние высоких температур на количество специфических сердечно-сосудистых заболеваний может варьировать в зависимости от возраста из-за факторов, выходящих за рамки физиологических, включая социально-демографические условия и окружающую среду [49].

Современные представления о взаимосвязи температуры с заболеваемостью и смертностью включают U- или V-образную зависимости между воздействием и исходом. То есть заболеваемость и смертность продолжают расти за пределами как высокого, так и низкого температурного порога [50, 51]. Можно предположить, что особенности природной и социальной среды, уникальные для каждого района, могут изменять воздействие высоких температур на здоровье в разных географических регионах.

Вся территория ЯНАО, включённого в настоящее исследование, климатически расположена в абсолютно и резко дискомфортной зоне, что оказывает влияние на здоровье человека. Изменение климата наиболее динамично происходит в Арктике, что влияет на распространённость заболеваний сердца и сосудов как непосредственно через увеличение частоты экстремальных погодных явлений, так и опосредованно, через изменение условий оленеводства и местного рыболовства, обеспечивающих население традиционными продуктами питания, которые имеют значительную профилактическую активность. Увеличение среднегодовой температуры может влиять на здоровье арктического населения как через увеличение периодов нестабильного атмосферного давления, инверсию слоев холодного и тёплого воздуха, ветрового режима, так и через изменение экологических условий для промысловых видов рыб, млекопитающих, дикоросов. Волны жары, маловодные периоды, ветровые устьевые сгоны воды могут не только снизить продуктивность традиционных мест лова, но и влиять на видовой состав вылова и изменения времени лова. Данные изменения неизбежно будут влиять на жирно-кислотный и микроэлементный состав рациона, на формирование дефицита омега-3 жирных кислот, магния, снижение доли белковых продуктов и увеличение потребления легкоусвояемых углеводов. Это закономерно будет приводить к увеличению распространённости заболеваемости АГ [52].

Ограничения исследования

Как и другие методы анализа временных рядов, текущее исследование имеет ограничения. Во-первых, не учитывалась подробная персональная информация о социально-экономическом статусе пациентов, статусе курения, приёме лекарств, питания или наличии сопутствующих заболеваний, так как исследование основано на анализе агрегированных статистических данных. Это также ограничило нашу способность исключать некоторые причины сердечно-сосудистых заболеваний, которые

не связаны исключительно с температурой, что может привести к ошибке и, вероятно, приведёт к смещению оценок эффекта в сторону нуля. Кроме того, на результаты исследования могут повлиять факторы, которые изменяют влияние температуры на кардиологическую заболеваемость (например, социальные факторы, демография, инфраструктурные факторы, характеристики жилья и доступ к кондиционированию воздуха) [53].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема изучения влияния природно-климатических изменений как одного из значимых факторов риска на развитие сердечно-сосудистых заболеваний требует особого внимания, мониторинга и прогнозирования. Колебания температурных режимов и повышение частотности экстремальных природных явлений оказывают негативное влияние на здоровье человека и, что важно, будут сохранять круглогодичное неблагоприятное воздействие, особенно на состояние сердечно-сосудистой системы у лиц с высоким сердечно-сосудистым риском. Повышение температуры воздуха, волн жары в связи с изменением климата становится дополнительной нагрузкой на организм людей в Арктике, который уже адаптирован к низким температурам. При этом, как показали предыдущие исследования, механизмы адаптации к данным климатическим изменениям не совсем эффективно работают у одной из ключевых групп риска развития сердечно-сосудистых заболеваний — у лиц старше 65 лет.

С учётом того, что частотность экстремальных природно-климатических явлений в Арктическом регионе стала наиболее очевидной на протяжении последних 30 лет, а эпидемиологическая картина в мире значительно изменилась по сравнению с предыдущим столетием, допустим, что произойдет расширение потенциальных групп риска. Этот вопрос остался за рамками нашего исследования, но представляет интерес для будущих научных изысканий. Перспективным направлением станет и прогнозирование развития АГ у населения, проживающего в различных климатических поясах, а также анализ моделей адаптации к климатическим изменениям.

Прогностическая модель зависимости распространённости заболеваний сердца и сосудов от увеличения среднегодовой температуры воздуха показала, что заболеваемость будет увеличиваться. Метод сравнения прогностических моделей распространённости заболеваний сердца и сосудов в регионах, расположенных на территории Западно-Сибирской равнины, близких по этническому, социальному составу населения и уровню медицинской помощи, но отличающихся среднегодовой температурой, показывает, что при достижении среднегодовой температуры выше 1,5 °C линейная зависимость заболеваемости от среднегодовой температуры будет ослабевать, увеличиваться амплитуда циклических изменений, повышаться влияние на процесс неклиматических

факторов. Положительное влияние среднегодовой температуры может реализоваться через появление практики культивирования более южных сельскохозяйственных растений и животных, снижение климатической, адаптационной нагрузки.

Это свидетельствует о необходимости комплексного подхода к профилактике сердечно-сосудистых заболеваний (в том числе предотвращения роста развития АГ) и важности реализации на региональном уровне превентивных мероприятий, которые позволят компенсировать влияние климатических изменений и обеспечить устойчивое формирование адаптационных механизмов для обеспечения здоровья населения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. С.В. Андронов — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи; Е.Н. Богданова — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; О.М. Шадуйко — редактирование статьи; А.А. Лобанов — корректура, редактирование статьи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Настоящее исследование не требует получения одобрения этического комитета, поскольку данные о случаях заболевания получены из открытых официальных статистических источников, клинические исследования не проводили.

Источники финансирования. Исследования частично финансировались в рамках проекта № НУ 2.2.1.24 ОНГ программы ТГУ «Приоритет-2030».

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: S.V. Andronov: sources review, writing—original draft, writing—review & editing; E.N. Bogdanova: sources review, writing—original draft; O.M. Shadyko: writing—review & editing; A.A. Lobanov: supervision, writing—review & editing. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: Ethics approval was not required for this study, as it used publicly available official statistical data and did not involve any clinical study.

Funding sources: The research was partially funded under Project No. NU

2.2.1.24 ONG of the Tomsk State University "Priority 2030" program.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously published material (text, images, or data) was used in this work.

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing

does not apply to this work, as no new data was collected or created.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer-review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Report on the peculiarities of the climate in the territory of the Russian Federation for 2019. Moscow: Rosgidromet; 2020. 97 p. (In Russ.) ISBN 978-5-906099-58-7
- Report on the peculiarities of the climate in the territory of the Russian Federation for 2022. Moscow: Rosgidromet; 2023. 104 p. (In Russ.) ISBN 978-5-906099-58-7
- Romanello M, Di Napoli C, Drummond P, et al. The 2022 report of the Lancet Countdown on health and climate change: health at the mercy of fossil fuels. *Lancet*. 2022;400(10364):1619–1654. doi: 10.1016/S0140-6736(22)01540-9
- Khraishah H, Alahmad B, Ostergard RL Jr, et al. Climate change and cardiovascular disease: implications for global health. *Nat Rev Cardiol*. 2022;19(12):798–812. doi: 10.1038/s41569-022-00720-x
- Bennett MT, Gagnon D, Reeves F. Not for the faint of heart: environmental influences on cardiovascular health. *Can J Cardiol*. 2023;39(9):1163–1165. doi: 10.1016/j.cjca.2023.07.026
- Park S, Kario K, Chia YC, et al. The influence of the ambient temperature on blood pressure and how it will affect the epidemiology of hypertension in Asia. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2020;22(3):438–444. doi: 10.1111/jch.13762
- Kunes J, Tremblay J, Bellavance F, Hamet P. Influence of environmental temperature on the blood pressure of hypertensive patients in Montréal. *Am J Hyperten*. 1991;4(5 Pt 1):422–426. doi: 10.1093/ajh/4.5.422
- Reeves F, Potter BJ. Toward a cardio-environmental risk model: environmental determinants of cardiovascular disease. *Can J Cardiol*. 2023;39(9):1166–1181. doi: 10.1016/j.cjca.2023.06.419
- Rios FJ, Montezano AC, Camargo LL, Touyz RM. Impact of environmental factors on hypertension and associated cardiovascular disease. *Can J Cardiol*. 2023;39(9):1229–1243. doi: 10.1016/j.cjca.2023.07.002
- Evdakov VA, Starodubov VI, Oleynik BA, et al. Correlation between regular medical check-up indicators and mortality from coronary heart disease in Kursk, Kurgan regions and in the Russian Federation. *Russian Journal of Preventive Medicine and Public Health*. 2023;26(8):22–30. doi: 10.17116/profmed20232608122 EDN: UYGOVI
- Shaposhnikov DA, Revich BA. On some approaches to calculation of health risks caused by temperature waves. *Health Risk Analysis*. 2018;(1):22–31. doi: 10.21668/health.risk/2018.1.03 EDN: YUOPGR
- Shaposhnikov DA, Revich BA, Meleshko VP, et al. Experience of predicting of expected excess mortality due to climate change: a case study in Arkhangelsk. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2013;20(8):17–23. EDN: RAHIWP
- Shaposhnikov DA, Revich BA. Heat waves and their impact on mortality risk in Arctic and Subarctic cities. Scientific Proceedings: Institute of Economic Forecasting RAS. 2019;17:269–283. doi: 10.29003/m821.sp_ief_ras2019/269-283 EDN: ZWJQZP
- Revich BA. Heat-wave, air quality and mortality in European Russia in summer 2010: preliminary assessment. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2011;18(7):3–9. EDN: NXVVRJ
- Revich BA, Shaposhnikov DA. Influence features of cold and heat waves to the population mortality — the city with sharply continental climate. *Siberian Medical Review*. 2017;(2):84–90. doi: 10.20333/2500136-2017-2-84-90 EDN: YUBVVH
- Rastokina TN, Kudryavtsev AV, Unguryanu TN. Association between atmospheric air temperature and blood pressure among adult population in different seasons. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(6):417–427. doi: 10.17816/humeco456483 EDN: GLERDV
- Watanabe T, Matsuyama H, Kuzhevskaya I, et al. Long-term trends of extreme climate indexes in the southern part of Siberia in comparison with those of surrounding regions. *Atmosphere*. 2023;14(7):1131. doi: 10.3390/atmos14071131
- Dubrovskaya LI. *Forecasting of time series in the Statistica package: methodological guidelines*. Tomsk: Tomskij gosudarstvennyj universitet; 2012. 36 p. (In Russ.) URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/287482535.pdf>
- Box J, Jenkins G. *Time series analysis, forecasting and management*. Issue 1. Moscow: Mir; 1974. 406 p. (In Russ.)
- Afanasyev VN, Voronov EV. Statistical analysis of budget assignments for socio-economic purposes dependence on the general tariff rates established on account of the distributed lag. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2005;(4):117–119. EDN: MUJCWT
- Ratner SV, Ratner MD. Evaluation of efficiency of regional ecologic management systems. *Izvestia Volgograd State Technical University*. 2017;(7):8–16. EDN: ZGQRJV
- Dickey DA, Fuller WA. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*. 1979;74(366):427–431. doi: 10.1080/01621459.1979.10482531
- Akaike H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*. 1974;19(6):716–723. doi: 10.1109/TAC.1974.1100705
- Rahman M, Garcia E, Lim CC, et al. Temperature variability associations with cardiovascular and respiratory emergency department visits in Dhaka, Bangladesh. *Environ Int*. 2022;164:107267. doi: 10.1016/j.envint.2022.107267
- Rusticucci M, Bettolli LM, Harris MLA. Association between weather conditions and the number of patients at the emergency room in an Argentine hospital. *Int J Biometeorol*. 2002;46(1):42–51. doi: 10.1007/s00484-001-0113-z
- Lecha Estela LB. Biometeorological classification of daily weather types for the humid tropics. *Int J Biometeorol*. 1998;42(2):77–83. doi: 10.1007/s004840050088
- Plavcová E, Kysel J. Effects of sudden air temperature and pressure changes on mortality in the Czech Republic. *Epidemiol Mikrobiol Imunol*. 2009;58(2):73–83.
- Tollefsen NH, Dickstein K. Are emergency admissions to medical departments dependent on weather? *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2000;120(30):3678–3679.
- Sohail H, Kollanus V, Tiittanen P, et al. Heat, heatwaves and cardiorespiratory hospital admissions in Helsinki, Finland. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21):7892. doi: 10.3390/ijerph17217892
- Gasparrini A, Guo Y, Sera F, et al. Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *Lancet Planet Health*. 2017;1(9):e360–e367. doi: 10.1016/S2542-5196(17)30156-0
- Liu C, Yavar Z, Sun Q. Cardiovascular response to thermoregulatory challenges. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2015;309(11):H1793–H1812. doi: 10.1152/ajpheart.00199.2015
- Alahmad B, Khraishah H, Shakarchi AF, et al. Cardiovascular mortality and exposure to heat in an inherently hot region: implications for climate change. *Circulation*. 2020;141(15):1271–1273. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.119.044860
- Lin S, Luo M, Walker RJ, et al. Extreme high temperatures and hospital admissions for respiratory and cardiovascular diseases. *Epidemiology*. 2009;20(5):738–746. doi: 10.1097/EDE.0b013e3181ad5522

34. Zhang M, Zhang Ya, Zhang J, Lin Sh. Time series analysis of the impact of meteorological conditions and air quality on the number of medical visits for hypertension in Haikou City, China. *Atmosphere*. 2024;15(3):370. doi: 10.3390/atmos15030370
35. Drapkina OM, Zyryanov SK, Shepel RN, et al. Meteoropathy: myth or reality? assessment of the relationship between cardiovascular diseases and weather conditions according to data from a Moscow hospital. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2024;23(5):45–54. doi: 10.15829/1728-8800-2024-4002 EDN: DVOFQR
36. Skutecki R, Jalali R, Dragańska E, et al. UTCI as a bio-meteorological tool in the assessment of cold-induced stress as a risk factor for hypertension. *Sci Total Environ*. 2019;688:970–975. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.06.28
37. Barnett AG, Sans S, Salomaa V, et al. The effect of temperature on systolic blood pressure. *Blood Press Monit*. 2007;12(3):195–203. doi: 10.1097/MBP.0b013e3280b083f4
38. Turner LR, Barnett AG, Connell D, Tong S. Ambient temperature and cardiorespiratory morbidity: a systematic review and meta-analysis. *Epidemiology*. 2012;23(4):594–606. doi: 10.1097/EDE.0b013e3182572795
39. Gronlund CJ, Zanobetti A, Schwartz JD, et al. Heat, heat waves, and hospital admissions among the elderly in the United States, 1992–2006. *Environ Health Perspect*. 2014;122(11):1187–1192. doi: 10.1289/ehp.1206132
40. Martínez-Solanas E, Basagaña X. Temporal changes in the effects of ambient temperatures on hospital admissions in Spain. *PLoS ONE*. 2019;14(6):e0218262. doi: 10.1371/journal.pone.0218262
41. Rocklöv J, Forsberg B. The effect of temperature on mortality in Stockholm 1998–2003: a study of lag structures and heatwave effects. *Scand J Public Health*. 2008;36(5):516–523. doi: 10.1177/1403494807088458
42. Vaccini M, Biggeri A, Accetta G, et al. Heat effects on mortality in 15 European cities. *Epidemiology*. 2008;19(5):711–719. doi: 10.1097/EDE.0b013e318176bfcd
43. Hong YC, Kim H, Oh SY, et al. Association of cold ambient temperature and cardiovascular markers. *Sci Total Environ*. 2012;435–436:74–79. doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.02.070
44. Lavigne E, Gasparrini A, Wang X, et al. Extreme ambient temperatures and cardiorespiratory emergency room visits: assessing risk by comorbid health conditions in a time series study. *Environmental Health*. 2014;13(1):5. doi: 10.1186/1476-069X-13-5
45. Ha S, Talbott EO, Kan H, et al. The effects of heat stress and its effect modifiers on stroke hospitalizations in Allegheny County, Pennsylvania. *Int Arch Occup Environ Health*. 2014;87(5):557–565. doi: 10.1007/s00420-013-0897-2
46. Isaksen TB, Yost MG, Hom EK, et al. Increased hospital admissions associated with extreme-heat exposure in King County, Washington, 1990–2010. *Rev Environ Health*. 2015;30(1):51–64. doi: 10.1515/reveh-2014-0050
47. Kenney WL, Craighead DH, Alexander LM. Heat waves, aging, and human cardiovascular health. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(10):1891–1899. doi: 10.1249/MSS.0000000000000325
48. Revich B, Shaposhnikov D. Excess mortality during heat waves and cold spells in Moscow, Russia. *Occup Environ Med*. 2008;65(10):691–696. doi: 10.1136/oem.2007.033944
49. Bayentin L, El Adlouni S, Ouarda TB, et al. Spatial variability of climate effects on ischemic heart disease hospitalization rates for the period 1989–2006 in Quebec, Canada. *Int J Health Geogr*. 2010;9:5. doi: 10.1186/1476-072X-9-5
50. Ye X, Wolff R, Yu W, et al. Ambient temperature and morbidity: A review of epidemiological evidence. *Environ Health Perspect*. 2012;120(1):19–28. doi: 10.1289/ehp.1003198
51. Rowland ST, Boehme AK, Rush J, et al. Can ultra short-term changes in ambient temperature trigger myocardial infarction? *Environ Int*. 2020;143:105910. doi: 10.1016/j.envint.2020.105910
52. Bogdanova E, Andronov S, Lobanov A, et al. The impact of climate change on the food (in)security of the siberian indigenous peoples in the Arctic: environmental and health risks. *Sustainability*. 2021;13(5):1–23. doi: 10.3390/su13052561
53. Hajat S, Kosatky T. Heat-related mortality: a review and exploration of heterogeneity. *J Epidemiol Community Health*. 2010;64(9):753–760. doi: 10.1136/jech.2009.087999

ОБ АВТОРАХ

* **Богданова Елена Николаевна**, канд. экон. наук, доцент;
адрес: Россия, 163002, Архангельск,
наб. Северной Двины, д. 17;
ORCID: 0000-0001-9610-4709;
eLibrary SPIN: 8898-1379;
e-mail: bogdanova.en@yandex.ru

Андронов Сергей Васильевич, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-5616-5897;
eLibrary SPIN: 6926-4831;
e-mail: sergius198010@mail.ru

Шадуйко Ольга Михайловна, канд. ист. наук;
ORCID: 0000-0002-2031-4248;
eLibrary SPIN: 8042-6815;
e-mail: dolcezzamia@mail.ru

Лобанов Андрей Александрович, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0002-6615-733X;
eLibrary SPIN: 5793-4055;
e-mail: alobanov89@gmail.com

AUTHORS' INFO

* **Elena N. Bogdanova**, MD, Cand. Sci. (Economics),
Associate Professor;
address: 17 Severnaya Dvina emb, Arkhangelsk, Russia, 163002;
ORCID: 0000-0001-9610-4709;
eLibrary SPIN: 8898-1379;
e-mail: bogdanova.en@yandex.ru

Sergei V. Andronov, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-5616-5897;
eLibrary SPIN: 6926-4831;
e-mail: sergius198010@mail.ru

Olga M. Shaduyko, Dr. Sci. (History);
ORCID: 0000-0002-2031-4248;
eLibrary SPIN: 8042-6815;
e-mail: dolcezzamia@mail.ru

Andrey A. Lobanov, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-6615-733X;
eLibrary SPIN: 5793-4055;
e-mail: alobanov89@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author