

Н.К. Смагулов, А.Е. Конкабаева\*, А.Ж. Садыкова, Г.Ж. Мукашева, А.Т. Серік

*Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан*

*\*Автор для корреспонденции: aiman54@mail.ru*

## **Ретроспективная оценка погодных условий в городах Петропавловске и Караганде за 11-летний период (2010–2020 годы)**

В статье проведен сравнительный анализ погоды за 11-летний период (2010–2020 годы) в городах Петропавловске и Караганде. Показатели погоды были использованы по данным Информационного бюллетеня о состоянии окружающей среды Республики Казахстан и архивов погоды в Караганде и Петропавловске на сайтах погоды. Были проанализированы температура воздуха, влажность, осадки, скорость ветра, точка росы. Наряду с этим для биоклиматической оценки холодного периода использовался метод Бодмана, который позволил определить в баллах степень суровости погоды. Анализ степени суровости погоды по Бодману в исследуемых городах свидетельствует, что в г. Петропавловске более суровая зима. Оценка теплоощущений по ветро-холодovому индексу Сайпла в исследуемых регионах показала, что теплоощущения можно расценивать как «холодно» все зимние месяцы. Была рассчитана эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ), которая является комплексным показателем теплоощущений человека и складывается под влиянием трех метеорологических факторов: температуры воздуха, влажности воздуха и скорости ветра. На основе ЭЭТ сделано заключение, что погода в городах по показателю ЭЭТ отличалась значительным дискомфортом.

*Ключевые слова:* погода, температура, влажность, точка росы, осадки, снег, индекс Бодмана, ветро-холодovый индекс Сайпла, эквивалентно-эффективная температура.

### *Введение*

Воздействие погодных условий сверх определенных пороговых значений имеет как прямые, так и косвенные последствия. Прямые последствия включают увеличение случаев смертности, заболеваемости и травматизма, вызванные экстремальными погодными явлениями (например, аномальной жарой, штормами, лесными пожарами, засухами и наводнениями) [1, 2]. Косвенные включают ухудшение качества воздуха, рост случаев заболеваний, передающихся через пищу и воду, а также болезни, вызванные недостаточным питанием, из-за изменений экосистемы. По данным демографических исследований России, высокая смертность зафиксирована в регионах Сибири и Дальнего Востока, что, прежде всего, связано с климатическими условиями. Характерно, что смертность увеличивалась с юга на север и с запада на восток. В этот процесс существенный вклад вносили такие причины, как загрязнение окружающей среды и суровые климатические условия [3, 4].

В настоящее время информации о значении модификаторов окружающей среды все еще недостаточно. Этот аспект требует тщательного изучения. Погодные условия, а именно температура, относительная влажность, количество осадков в сочетании с загрязнением атмосферного воздуха могут вызывать заболевания, приводящие к увеличению количества смертей [4, 5]. В ряде работ сообщалось о росте смертности, связанной с изменением климата и, как следствие, температурных режимов [6, 7]. Так, в австралийском исследовании изучался риск увеличения смертности, как от неоптимальных температур, так и от их изменчивости. Было отмечено, что за исследуемый период воздействие жары, холода и изменчивости температуры одновременно обусловили около 6,0 % всех смертей [8]. Другое исследование в Китае показало, что дополнительное повышение среднегодовой температуры на 1°C увеличивало уровень смертности в среднем на 3,2 % [9].

Температурные режимы, экстремальные погодные явления, а также изменение климата влияют на общественное здравоохранение через качество воздуха [10, 11]. В зависимости от вида загрязнителя атмосферного воздуха влияние погоды на здоровье населения может варьировать в широких пределах от явлений переноса до химических реакций в атмосфере, регулирующих образование вторичных загрязнителей. В многочисленных исследованиях показана положительная корреляция между загрязнением воздуха и воздействием погодных переменных со смертностью, особенно в связи с респираторными, сердечно-сосудистыми заболеваниями и инсультами [12–17]. В частности, большин-

ство исследований демонстрируют, что частота инсульта увеличивается зимой и весной и уменьшается летом и осенью [18–21].

Одни и те же погодные условия неоднозначно влияют на людей в зависимости от возраста, пола, состояния здоровья и других факторов [22]. Для оценки биоклиматических условий территории необходимо использовать комплексные метеорологические показатели (индексы), отражающие ощущения человека, определяющие зоны комфорта и дискомфорта [23]. В связи с изложенным выше, целью нашего исследования было проведение комплексной биоклиматической характеристики территорий, что позволило оценить влияние погодных факторов на самочувствие и здоровье людей.

#### *Материалы и методы исследования*

Материалами исследования были данные официального учета метеорологических показателей Информационных бюллетеней о состоянии окружающей среды Республики Казахстан за период с 2010 г. по 2020 гг., сведения из Архива погод официального сайта Республиканского метеорологического центра в гг. Караганде и Петропавловске [1, 2].

Расчеты были сделаны на основании средних многолетних значений метеорологических показателей по данным Архива погоды в гг. Караганде и Петропавловске. Для оценки биоклиматических условий изучаемых территорий было необходимо использовать различные комплексные (включающие значения двух или более метеорологических величин и явлений) метеорологические показатели (индексы), отражающие ощущения человека, определяющие зоны комфорта и дискомфорта [24]. С этой целью нами изучались: точка росы, сезонные индексы «жесткости» зимней погоды Бодмана (S), «ветро-холодовой индекс» Сайпла (K), эффективная температура.

Точка росы — значение температуры, при которой водяные пары, находящиеся в воздухе, конденсируют в росу. Она определяется относительной влажностью воздуха. Для быстрого расчета точки росы использовали таблицу ее вычисления. Для биоклиматической оценки холодного периода вычисляли суровость зим по индексу Бодмана [23], который рассчитывали по формуле

$$S = (1 - 0,04t)(1 + 0,27v),$$

где  $S$  — индекс суровости погоды в баллах;  $t$  — температура воздуха, °C;  $v$  — скорость ветра, м/с.

В зависимости от величины индекса принято считать:  $S < 1$  — несуровая погода;  $1 < S < 2$  — мало суровая погода;  $2 < S < 3$  — умеренно суровая погода;  $3 < S < 4$  — суровая погода;  $4 < S < 6$  — очень суровая погода;  $5 < S < 6$  — жестко суровая погода;  $S > 6$  — крайне суровая погода.

В виду необходимости точного учета влияния одного из наиболее значимых в зимний период метеофактора — скорости ветра, результаты были дополнены расчетом «ветро-холодового индекса» Сайпла [18], который вычислялся по формуле

$$K = (100v + 10,45v) * (33 - t),$$

где  $K$  — сезонный индекс Сайпла;  $v$  — скорость ветра, м/с;  $t$  — температура воздуха в С.

<кал/(м<sup>2</sup>•ч) — прохладно; 800 кал/(м<sup>2</sup>•ч) — холодно; 1000 кал/(м<sup>2</sup>•ч) — очень холодно; 1200 кал/(м<sup>2</sup>•ч) — жестко холодно; 2500 кал/(м<sup>2</sup>•ч) — невыносимо холодно.

Эффективная температура — это один из биометеорологических индексов, характеризующий эффект воздействия на человека комплекса метеорологических элементов (температуры, влажности воздуха и ветра).

Мы использовали следующую формулу для расчёта эффективной температуры:

$$T_{эф} = -2,7 + 1,04 T + 2,0 P - 0,65 v,$$

где  $T$  — температура воздуха (°C);  $P$  — парциальное давление водяного пара (кПа);  $v$  — скорость ветра на 10 м над уровнем земли.

Отрицательные значения эффективной температуры характеризуют вероятность обморожения, положительные — теплового удара.

Полученные результаты были обработаны методами статистики. Для определения разницы между группами использовался t-критерий Стьюдента.  $P < 0,05$  считались значимыми.

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

В результате обработки массива информации о погоде в исследуемых регионах нами было выяснено, что холодный сезон в регионах длится более 3 месяца, с ноября по март. Самый холодный месяц в году в Петропавловске — январь, со средним температурным максимумом  $-20^{\circ}\text{C}$  и минимумом  $-12^{\circ}\text{C}$ , средняя температура  $-18,1 \pm 1,33^{\circ}\text{C}$  в январе месяце, что достоверно ниже ( $P < 0,05$ ), чем в г.

Караганде, где она составляла  $-13,9 \pm 1,01^{\circ}\text{C}$ . Аналогичная тенденция отмечалась в декабре, феврале и марте месяцах, но достоверных различий не было выявлено (рис. 1).

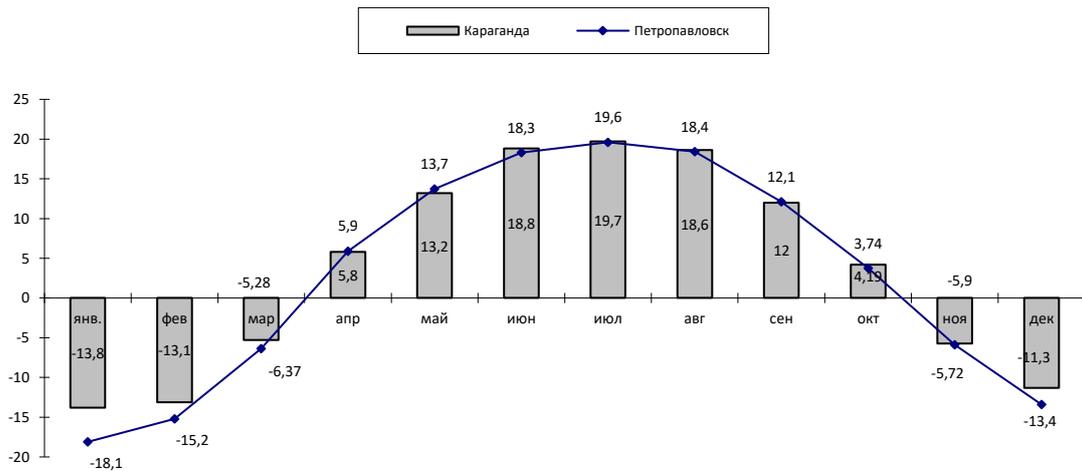


Рисунок 1. Средние показатели температуры в различные сезоны в гг. Петропавловске и Караганде за 11-летний период (2010–2020 гг.)

Весной в г. Петропавловске средние суточные температурные максимумы колебались от  $6,37^{\circ}\text{C}$  в марте до  $13,71^{\circ}\text{C}$  в мае месяце, не имея достоверных различий с показателями г. Караганды. Теплый сезон длился 4 месяца, с мая по сентябрь, с максимальной температурой  $19,6^{\circ}\text{C}$ . В летние и осенние месяцы средние показатели температуры колебались в пределах от  $19,6^{\circ}\text{C}$  до  $3,74^{\circ}\text{C}$ , не имея достоверных различий по показателям в регионах.

Таким образом, в течение года средняя температура на протяжении 11-летнего периода колебалась от  $-18,1^{\circ}\text{C}$  зимой до  $19,6^{\circ}\text{C}$  в летнее время в Петропавловском регионе и  $13,8^{\circ}\text{C}$  и  $19,7^{\circ}\text{C}$ , соответственно, в Карагандинском регионе. Показатели демонстрируют очень небольшие различия по средним значениям, что не позволяет оценить степень влияния на организм одного температурного фактора в полной мере. В связи с этим мы расширили спектр факторов.

Анализ среднемесячного показателя влажности в исследуемых регионах позволил обнаружить достоверно ( $P < 0,05$ ) более высокий уровень влажности в г. Караганде в феврале месяце ( $P < 0,05$ ) по сравнению с показателем г. Петропавловска, которые составили  $77,4 \pm 0,97\%$  и  $74,2 \pm 0,41\%$ , соответственно. Наряду с этим, более сухой сезон длился в г. Петропавловске с мая месяца по октябрь, когда средний показатель влажности был достоверно ( $P < 0,05$ ) ниже, чем по Караганде (рис. 2). В целом, следует отметить, что средние показатели влажности по г. Караганде за 10-летний период были выше, в то время как количество осадков по сравнению с г. Петропавловском было ниже.

Точка росы определяется относительной влажностью воздуха. Чем выше относительная влажность, тем точка росы выше и ближе к фактической температуре воздуха. Среднее максимальное значение точки росы в зимнее время в г. Петропавловске составило в январе месяце  $-20,9 \pm 1,39^{\circ}\text{C}$  (рис. 3). Это в сравнении с точкой росы в г. Караганде ( $-17,4 \pm 1,23^{\circ}\text{C}$ ) является достоверно высоким ( $P < 0,05$ ).

Направление и скорость ветра в исследуемых регионах менялись в течение года. По скорости ветра достоверных различий в исследуемых регионах не обнаружено.

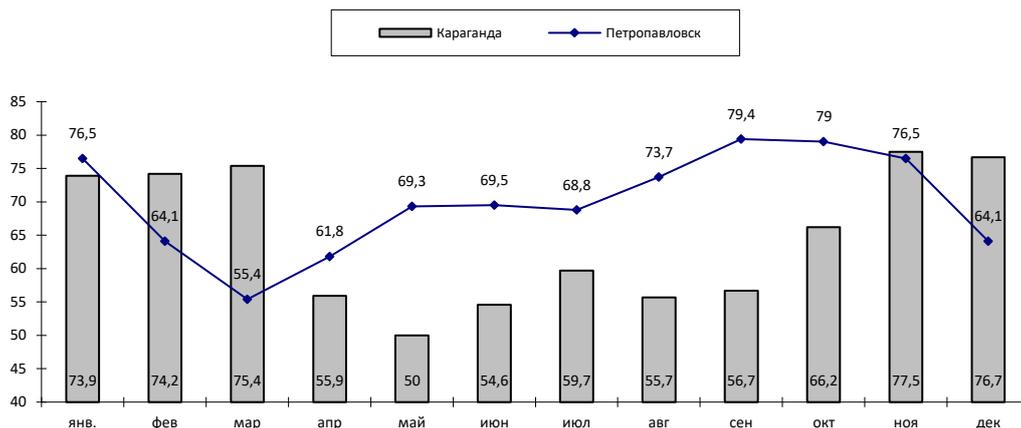


Рисунок 2. Средние показатели влажности (%) в различные сезоны по городам Петропавловску и Караганде за 11-летний период (2010–2020 гг.)

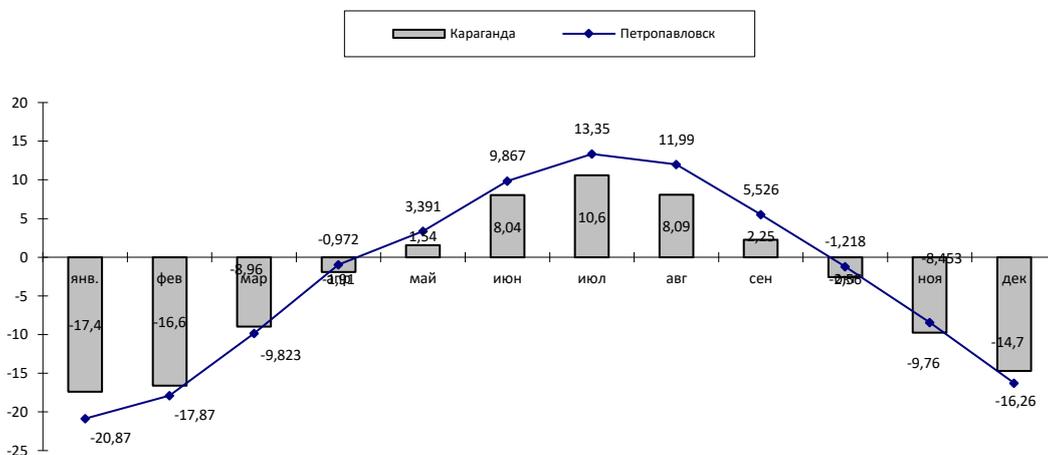


Рисунок 3. Средние показатели точки росы (°C) в различные сезоны по городам Петропавловску и Караганде за 11-летний период (2010–2020 гг.)

Формы осадков менялись в течение года. Дождь является наиболее типичным видом осадков на протяжении 5 месяцев, с мая по сентябрь. Месяц с максимальным количеством дней, когда выпадает только дождь, в Петропавловске — июль со средним количеством  $2,4 \pm 0,42$  мм, в г. Караганде —  $3,1 \pm 0,2$  мм. Снег является наиболее типичным видом осадков на протяжении 7 месяцев, с октября по апрель. Месяцем с максимальным количеством снега был февраль, когда в г. Петропавловске выпало снега  $41 \pm 3,56$  мм, а в г. Караганде  $-28,1 \pm 4,71$  мм (рис. 4). Количество снега, выпавшего в г. Петропавловске за пять месяцев с октября по февраль, достоверно ( $P < 0,05$ ) превышало показатели г. Караганды.

Для биоклиматической оценки холодного периода мы использовали метод Бодмана, который позволил определить в баллах степень суровости погоды, так как тепловое состояние человека в холодный период года в основном определяется низкой температурой воздуха и скоростью ветра, которые влияют и на охлаждение незащищенных частей тела, и на органы дыхания. Холодовая нагрузка усиливается при высоких значениях относительной влажности воздуха.

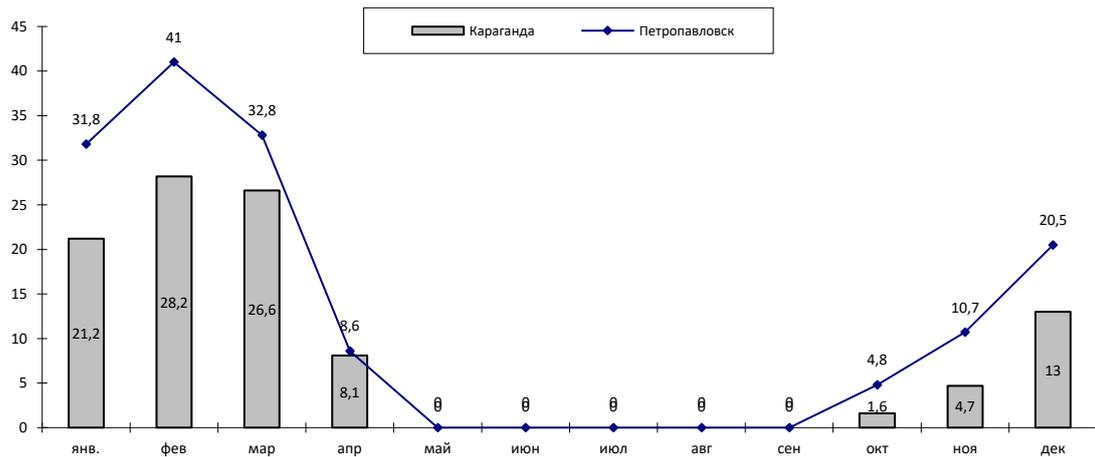


Рисунок 4. Средние показатели снежных осадков (в мм) в различные сезоны по городам Петропавловску и Караганде за 11-летний период (2010–2020 гг.)

Анализ степени суровости погоды по Бодману в исследуемых городах свидетельствует, что в г. Петропавловске более суровая зима ( $P < 0,05$ ) по сравнению с Карагандой. При этом наиболее холодный месяц январь с индексом суровости  $3 \pm 0,14$ , который расценивается как показатель «суровая зима». Другие же зимние месяцы по индексу Бодмана характеризуются как умеренно суровые, при этом тенденция к более высоким показателям индекса наблюдается в г. Петропавловске (рис. 5).

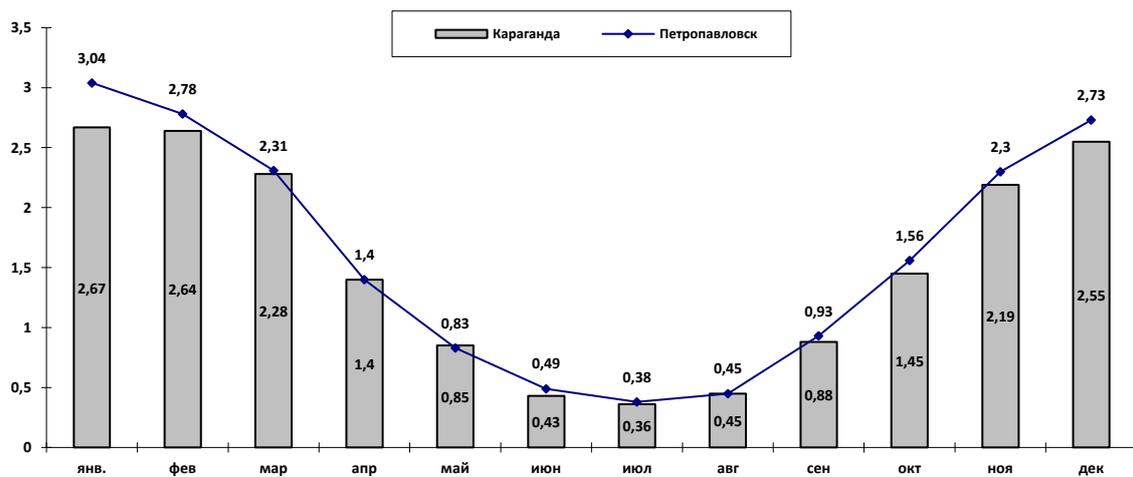


Рисунок 5. Средние показатели индекса Бодмана (в баллах) в различные сезоны по городам Петропавловску и Караганде за 11-летний период (2010–2020 гг.)

Жесткость погоды мы оценивали по ветро-холодовому индексу — способу измерения субъективного ощущения человека при одновременном воздействии на него мороза и ветра. Известно, что при одной и той же отрицательной температуре воздуха человек мерзнет тем сильнее, чем больше скорость ветра.

Оценка теплоощущений по ветро-холодовому индексу Сайпла позволила ранжировать их по следующим критериям: 600 кал/(м<sup>2</sup>·ч) — прохладно; 800 кал/(м<sup>2</sup>·ч) — холодно; 1000 кал/(м<sup>2</sup>·ч) — очень холодно; 1200 кал/(м<sup>2</sup>·ч) — жестко холодно; 2500 кал/(м<sup>2</sup>·ч) — невыносимо холодно. Анализ ветро-холодового индекса Сайпла позволил обнаружить, что в исследуемых регионах теплоощущения можно расценивать одинаково — как «холодно» все зимние месяцы, несмотря на то, что в г. Караганде этот индекс имел тенденцию к более высоким значениям, однако достоверных различий не было выявлено (рис. 6).

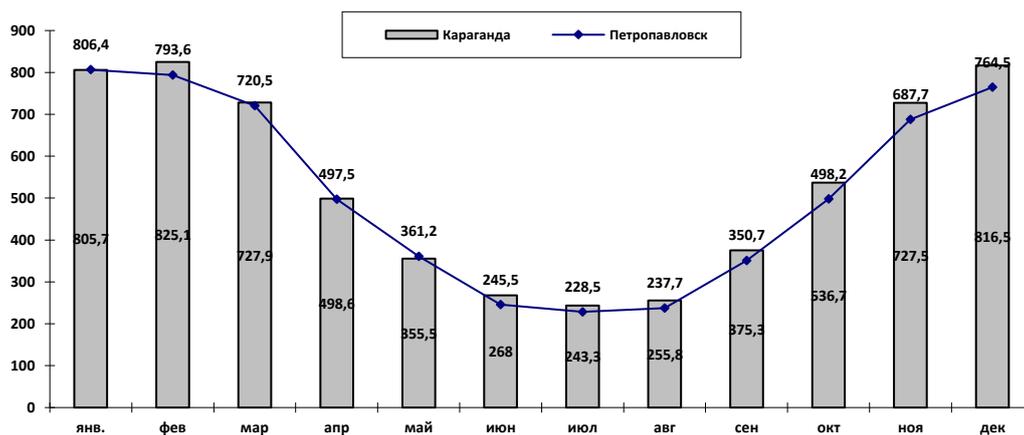


Рисунок 6. Средние показатели индекса Сайпла в различные сезоны по городам Петропавловску и Караганде за 11-летний период (2010–2020 гг.)

Эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ), являясь комплексным показателем теплоощущений человека складывается под влиянием трех метеорологических факторов: температуры воздуха, влажности воздуха и скорости ветра. При одной и той же температуре, но при усилении ветра и уменьшении влажности потери тепла возрастают, и человек чувствует себя так, как если бы происходило понижение температуры воздуха. Обратный эффект имеет место при ослаблении ветра и увеличении влажности [25, 26]. По показателю ЭЭТ зима в г. Петропавловске отличалась значительным дискомфортом (уровень комфорта — «очень холодно»). В среднем в зимние месяцы величина индекса колебалась от  $51,3 \pm 2,28^{\circ}\text{C}$  до  $57,7 \pm 2,06^{\circ}\text{C}$  в г. Караганде и аналогичная тенденция наблюдалась в г. Петропавловске. В марте температура повышается до  $-40,3 \pm 1,92^{\circ}\text{C}$  и вновь, как и в ноябре, становится «холодно». Таким образом, в течение зимнего периода ЭЭТ проявляет значительную изменчивость с резкими перепадами, которые могут вызывать метеопатические реакции у населения. При этом низкие абсолютные значения температуры в январе и феврале и, отчасти, в декабре также отрицательно влияют на самочувствие людей.

Весной (в апреле–начале мая) погода отличалась значительной изменчивостью, что нашло свое отражение в резких изменениях значений ЭЭТ. В апреле среднее значение ЭЭТ было равно  $-19,5 \pm 2,53^{\circ}\text{C}$ , а в мае  $-7,7 \pm 0,89^{\circ}\text{C}$ , то есть погода в г. Петропавловске находится в зоне «холодно». Аналогичная картина наблюдалась и в г. Караганде.

Резкие изменения показателя можно объяснить погодными факторами, наиболее значимыми из которых являются усиление скорости ветра с марта по май месяцы, снижение влажности и повышение средней температуры воздуха. Несмотря на повышение температуры воздуха в мае месяце, общее теплоощущение ниже, и велика опасность развития простудных заболеваний.

### Заключение

Сравнительный анализ погодных факторов за 11-летний период в городах Караганде и Петропавловске позволил обнаружить схожесть параметров при анализе температуры воздуха, влажности, скорости ветра, точки росы, количеству осадков. Биоклиматическая характеристика территорий позволила оценить влияние климата на самочувствие и здоровье населения.

По результатам расчетов можно сделать вывод о том, что в гг. Петропавловске и Караганде в среднем в зимний период индекс Бодмана составляет от 3 до 2,7 балла, что свидетельствует о умеренно суровой зиме. Это определение было верно для всех зимних месяцев. Рассчитанные значения индекса Бодмана доказывают, что зимние условия в регионах мало благоприятствуют здоровью людей. Индекс Сайпла в среднем за зиму в гг. Петропавловске и Караганде составил 780 и 815 условные единицы соответственно, что определяет этот сезон как «холодный». Неблагоприятную ситуацию, отражаемую указанными показателями, можно объяснить тем, что в зимний период повышение скорости ветра вызывает понижение теплоощущений организма человека. Несмотря на то, что зима в регионах является «умеренно суровой», высокие скорости ветра и влажность снижают адаптивные

возможности организма человека, обуславливают частоту простудных заболеваний и ограничивают активную деятельность людей на открытом воздухе.

*Исследование выполнено в рамках грантового финансирования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, грант № AP14871897.*

### Список литературы

- 1 Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан (2010–2020). — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayushey-sredy>
- 2 Архив погоды в Караганде и Петропавловске. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=35394&bday=1&fday=30&amonth=3&ayear=2012&bot=2>
- 3 Ревич Б.А. Изменения климата, волны жары и холода как факторы риска повышенной смертности населения в некоторых районах России / Б.А. Ревич, Д.А. Шапошников // Проблемы прогнозирования. — 2012. — № 2. — С. 122–138.
- 4 Точилкина Н.В. Оценка влияния индекса загрязнения атмосферы на медико-демографические показатели жителей города Саратова / Н.В. Точилкина // Самар. науч. вестн. — 2016. — № 4 (17). — С. 65–70.
- 5 Lu T.S. Climate Change and Temperature-related Mortality / T.S. Lu, J. Olsen, P.L. Kinney // Biomed Environ Sci. — 2021. — Vol. 34(5). — P. 379–386. <https://doi.org/10.3967/bes2021.050>
- 6 Burnett R.T. Association between particulate- and gas-phase components of urban air pollution and daily mortality in eight Canadian cities / R.B. Burnett, J.R. Brook, T. Dann, C. Delocla, O. Philips, S.R. Cakmak, R. Vincent, M.S. Goldberg // Inhal Toxicol. — 2000. — Vol. 12 (Suppl. 4). — P. 15–39. <https://doi.org/10.1080/089583700750019495>
- 7 Dominici F. Fine Particulate Air Pollution and Hospital Admissions for Cardiovascular and Respiratory Diseases / F. Dominici, D. Peng, M. Bell, L. Pham, A. McDermott, S.L. Zeger, J.M. Samet // Journal of American Medical Association. — 2006. — Vol. 295 (10). — P. 1127–1134. <https://doi.org/10.1001/jama.295.10.1127>
- 8 Vardoulakis S. Comparative assessment of the effects of climate change on heat- and cold-related mortality in the United Kingdom and Australia / S. Vardoulakis, K. Dear, S. Hajat, C. Heaviside, B. Eggen, A.J. McMichael // Comparative Study. — 2014. — Vol. 122 (12). — P. 1285–1292. <http://doi.org/10.1289/ehp.1307524>
- 9 Lee W. Mortality burden of diurnal temperature range and its temporal changes: a multi-country study / W. Lee, M.L. Bell, A. Gasparri et al. // Envir Int. — 2018. — Vol. 110. — P. 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.10.018>
- 10 Borgea R. Impact of weather changes on air quality and related mortality in Spain over a 25 year period [1993–2017] / R. Borge, W.J. Requia, C.Y. Yague et. al. // Environment International. — 2019. — Vol. 133. — P. 1–14. <http://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105272>
- 11 Anderson M.A. As the wind blows: the effects of long-term exposure to air pollution on mortality / M.A. Anderson // Journal of the European Economic Association. — 2020. — Vol. 18 (4). — P. 1886–1927. <http://doi.org/10.1093/jeaa/jvz051>
- 12 D'Ippoliti D. The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project / D. D'Ippoliti, P. Michelozzi, C. Marino et al. // Environmental Health. — 2010. — Vol. 9 (37). — P. 9. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-9-37>
- 13 Almendra R. Seasonal mortality patterns and regional contrasts in Portugal / R. Almendra, P. Santana, E. Freire, J. Vasconcelos // Bulletin of Geography, Socio-Economic Series. — 2016. — Vol. 32(32). — P. 7–18. <https://doi.org/10.1515/bog-2016-0011>
- 14 Sajani S.Z. Saharan dust and daily mortality in Emilia-Romagna (Italy) / S.Z. Sajani, R. Miglio, P. Bonasoni, P. Cristofanelli, A. Marinoni, C. Sartini et al. // Occup Environ Med. — 2011. — Vol. 68(6). — P. 446–451. <https://doi.org/10.1136/oem.2010.058156>
- 15 Atkinson R.W. Long-term exposure to outdoor air pollution and the incidence of chronic obstructive pulmonary disease in a national English cohort / R.W. Atkinson, I.M. Carey, A.J. Kent, T.P. van Staa, H.R. Anderson, D.G. Cook // Occupational and Environmental Medicine. — 2015. — Vol. 72(1). — P. 42–48. <https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102266>
- 16 Han M.-H. Effect of Seasonal and Monthly Variation in Weather and Air Pollution Factors on Stroke Incidence in Seoul, Korea / M.-H. Han, H.-J. Yi, Y.-S. Kim // Stroke. — 2015. — Vol. 46(1). — P. 927–935. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.114.007950>
- 17 Anderson C.S. Auckland Regional Community Stroke (ARCOS) Study Group. Trends in stroke incidence in Auckland, New Zealand, during 1981 to 2003 / C.S. Anderson, K.N. Carter, M.L. Hackett, V. Feigin, P.A. Barber, J.B. Broad et al // Stroke. — 2005. — Vol. 36. — P. 2087–2093. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000181079.42690.bf>
- 18 Jimenez-Conde J. Weather as a trigger of stroke. Daily meteorological factors and incidence of stroke subtypes / J. Jimenez-Conde, A. Ois, M. Gomis, A. Rodriguez-Campello, E. Cuadrado-Godia, I. Subirana et al. // Cerebrovasc Dis. — 2008. — Vol. 26(4). — P. 348–354. <https://doi.org/10.1159/000151637>
- 19 Miah A.H. Seasonal variation in types of stroke and its common risk factors / A.H. Miah, S.R. Sutradhar, S. Ahmed, M. Bhattacharjee, M.K. Alam, M.A. Bari et al. // Mymensingh Med J. — 2012. — Vol. 21 (1). — P. 13–20.
- 20 Passero S. Differing temporal patterns of onset in subgroups of patients with intracerebral hemorrhage / S. Passero, F. Reale, G. Ciacci, E. Zei // Stroke J Cereb Circ. — 2000. — Vol. 31(7). — P. 1538–1544. <https://doi.org/10.1161/01.str.31.7.1538>

21 Wang Y. Seasonal variation in stroke in the Hunter Region, Australia: a 5-year hospital based study, 1995–2000 / Y. Wang, C. Levi, J.R. Attia, C.A. D’Este, N. Spratt, J. Fisher // *Stroke*. — 2003. — Vol. 34(5). — P. 1144–1150. <https://doi.org/10.1161/01.STR.000067703.71251.B6>

22 Воронин Н. М. Основы биологической и медицинской климатологии / Н.М. Воронин. — М.: Медицина, 1981. — 352 с.

23 Григорьева Е.А. Оценка дискомфорта климата Еврейской автономной области / Е.А. Григорьева // *География и природные ресурсы*. — 2004. — № 4. — С. 101–105.

24 Рященко С.В. Медико-географические аспекты изучения здоровья населения / С.В. Рященко // *Медико-географическое изучение районов Сибири: сб. ст.* — Новосибирск: Наука, 1984. — С. 3–10.

25 Андреев С.С. Краткая биоклиматическая характеристика Ростовской области / С.С. Андреев // *Метеорология и гидрология*. — 2004. — № 8. — С. 53–60.

26 Архипова И.В. Медико-географический подход к оценке комфортности климатических и социально-экономических условий региона как среды жизнедеятельности человека / И.В. Архипова // *Ползунов. вестн.* — 2005. — № 4. — С. 222–228.

Н.К. Смагулов, А.Е. Конкабаева, А.Ж. Садыкова, Г.Ж. Мукашева, А.Т. Серік

## **11 жылдық кезеңдегі (2010-2020 жылдар) Петропавл және Қарағанды қалаларындағы ауа райы жағдайларын ретроспективті бағалау**

Ауа райының белгілі бір шекті мәндерден тыс әсері адам ағзасына тікелей және жанама әсер етеді. Тікелей әсерлерге ауа райының күрт өзгеруінен болатын өлім-жітімнің, сырқаттанушылықтың және жаракаттанудың жоғарылауы жатады. Модификаторлардың кейбір әсерлерінің рөлін қоса алғанда, кең аспектілер туралы ақпараттың болмауы, атап айтқанда, ауаның ластануы мен ауа райының өзара әрекеттесуі терең зерттеуді қажет етеді. Бұл зерттеуде Петропавл және Қарағанды қалаларының 11 жылдық кезеңіндегі (2010-2020) ауа райына салыстырмалы талдау жасалған. Ауа райы көрсеткіштері Қазақстан Республикасының қоршаған ортаның жай-күйі туралы ақпараттық бюллетені және ауа райы сайтының мұрағатынан Қарағанды және Петропавл қалаларының ауа райы туралы деректері бойынша пайдаланылды. Ауа температурасы, ылғалдылық, жауын-шашын, жел жылдамдығы, шық нүктесі талданды. Сонымен қатар, суық кезеңді биоклиматтық бағалау үшін Бодман әдісі қолданылды, бұл ауа райының қатаңдық дәрежесін балмен анықтауға мүмкіндік береді. Бодман мәліметтері бойынша зерттелген қалалардың ауа райының қатаңдық дәрежесін талдауда Петропавл қаласында қыстың қатал екенін көрсетті. Сайпидің суық-жел индексі бойынша зерттелген аймақтардағы жылу сезінуді бағалауда барлық қыс айларында жылу сезінуді «суық» деп санауға болатыны дәлелденген. Эквивалентті тиімді температура (ЭТТ) есептелінген, ол адамның жылу сезінуінің кешенді көрсеткіші болып табылады және үш метеорологиялық фактордың әсерінен дамиды: ауа температурасы, ауа ылғалдылығы және жел жылдамдығы. ЭТТ негізінде қалалардағы ауа райы ЭЭТ көрсеткіші бойынша айтарлықтай қолайсыздықпен сипатталды деген қорытынды жасалды.

*Кілт сөздер:* ауа райы, температура, ылғалдылық, шық нүктесі, жауын-шашын, қар, Бодман индексі, Сайпидің суық-жел индексі, эквивалентті-тиімді температура.

N.K. Smagulov, A.E. Konkabayeva, A.Zh. Sadykova, G.Zh. Mukasheva, A.T. Serik

## **Retrospective assessment of weather conditions in the cities of Petropavlovsk and Karaganda over an 11-year period (2010-2020)**

The effects of weather conditions beyond certain thresholds have both direct and indirect effects on the human body. Direct consequences include increased mortality, morbidity and injuries caused by extreme weather events. The lack of information on broader aspects, including the role of some modifier effects, in particular, the interaction between air pollution and weather requires in-depth study. In this study, a comparative analysis of the weather over an 11-year period (2010-2020) in the cities of Petropavlovsk and Karaganda was carried out. Weather indicators were used according to the information bulletin on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan and the weather archives in Karaganda and Petropavlovsk on the weather website. Air temperature, humidity, precipitation, wind speed, dew point were analyzed. Along with this, the Bodman method was used for the bioclimatic assessment of the cold period, which made it possible to determine the severity of the weather in points. The analysis of the severity of the weather according to Bodman in the studied cities indicates that Petropavlovsk has a more severe winter. The assessment of heat sensations by the wind-cold index of the Saipl in the studied regions showed that heat sensations can be regarded as “cold” all winter months. The equivalent-effective temperature (EET) was calculated, which is a complex indicator of human heat sensations and is formed under the influence of three meteorological factors: air temperature,

air humidity and wind speed. Based on the EET, it was concluded that the weather in cities was characterized by significant discomfort in terms of EET.

**Keywords:** weather, temperature, humidity, dew point, precipitation, snow, Bodman index, wind-cold Cycle index, equivalent-effective temperature.

## References

- 1 Informatsionnyi biulleten o sostoianii okruzhaiushchei srede Respubliki Kazakhstan [News bulletin on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan] (2010–2020). Retrieved from <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayuschey-srede> [in Russian].
- 2 Arkhiv pogody v Karagande i Petropavlovsk [Weather archive in Karaganda and Petropavlovsk]. Retrieved from <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=35394&bday=1&fday=30&amonth=3&ayear=2012&bot=2> [in Russian].
- 3 Revich, B.A. & Shaposhnikov, D.A. (2012). Izmeneniia klimata, volny zhary i kholoda kak faktory riska povyshennoi smertnosti naseleniia v nekotorykh raionakh Rossii [Climate change, heat and cold waves as risk factors for increased mortality in some areas of Russia]. *Problemy prognozirovaniia — Forecasting challenges*, 2, 122–138 [in Russian].
- 4 Tochilkina, N.V. (2016). Otsenka vliianiia indeksa zagriazneniia atmosfery na mediko-demograficheskie pokazateli zhitelei goroda Saratova [Assessment of the influence of the atmospheric pollution index on the medical and demographic indicators of residents of the city of Saratov]. *Samarskii nauchnyi vestnik — Samara Scientific Bulletin*, 4(17), 65–70 [in Russian].
- 5 Lu, T.S., Olsen, J. & Kinney, P.L. (2021). Climate Change and Temperature-related Mortality. *Biomed Environ Sci.*, 34(5), 379–386. <https://doi.org/10.3967/bes2021.050>.
- 6 Burnett, R.T., Brook, J.R., Dann, T., Delocla, C., Philips, O., Cakmak, S.R., Vincent, R. & Goldberg, M.S. (2000). Association between particulate- and gas-phase components of urban air pollution and daily mortality in eight Canadian cities. *Inhal Toxicol.*, 12 (Suppl. 4), 15–39. <https://doi.org/10.1080/089583700750019495>.
- 7 Dominici, F., Peng, D., Bell, M., Pham, L., McDermott, A., Zeger, S.L. & Samet, J.M. (2006). Fine Particulate Air Pollution and Hospital Admissions for Cardiovascular and Respiratory Diseases. *Journal of American Medical Association*, 295(10), 1127–1134. <https://doi.org/10.1001/jama.295.10.1127>.
- 8 Vardoulakis, S., Dear, K., Hajat, S., Heaviside, C., Eggen, B. & McMichael, A.J. (2014). Comparative assessment of the effects of climate change on heat- and cold-related mortality in the United Kingdom and Australia. *Comparative Study*, 122(12), 1285–1292. <http://doi.org/10.1289/ehp.1307524>.
- 9 Lee, W., Bell, M.L., Gasparrini, A. & al. (2018). Mortality burden of diurnal temperature range and its temporal changes: a multi-country study. *Envir Int.*, 110, 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.10.018>.
- 10 Borgea, R., Requia, W.J., Yague, C.Y. et al. (2019). Impact of weather changes on air quality and related mortality in Spain over a 25 year period [1993–2017]. *Environment International*, 133, 1–14. <http://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105272>
- 11 Anderson, M.A. (2020). As the wind blows: the effects of long-term exposure to air pollution on mortality. *Journal of the European Economic Association*, 18(4), 1886–1927. <http://doi.org/10.1093/jeea/jvz051>
- 12 D'Ippoliti, D., Michelozzi, P., Marino, C. & al. (2010). The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. *Environmental Health*, 9(37), 9. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-9-37>
- 13 Almendra, R., Santana, P., Freire, E. & Vasconcelos, J. (2016). Seasonal mortality patterns and regional contrasts in Portugal. *Bulletin of Geography, Socio-Economic Series*, 32(32), P. 7–18. <https://doi.org/10.1515/bog-2016-0011>
- 14 Sajani, S.Z., Miglio, R., Bonasoni, P., Cristofanelli, P., Marinoni, A., Sartini, C. et al. (2011). Saharan dust and daily mortality in Emilia-Romagna (Italy). *Occup Environ Med.*, 68(6), 446–451. <https://doi.org/10.1136/oem.2010.058156>
- 15 Atkinson, R.W., Carey, I.M., Kent, A.J., van Staa, T.P., Anderson, H.R. & Cook, D.G. (2015). Long-term exposure to outdoor air pollution and the incidence of chronic obstructive pulmonary disease in a national English cohort. *Occupational and Environmental Medicine*, 72(1), 42–48. <https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102266>
- 16 Han, M.-H., Yi, H.-J. & Kim, Y.-S. (2015). Effect of Seasonal and Monthly Variation in Weather and Air Pollution Factors on Stroke Incidence in Seoul, Korea. *Stroke*, 46(1), 927–935. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.114.007950>
- 17 Anderson, C.S., Carter, K.N., Hackett, M.L., Feigin, V., Barber, P.A., Broad, J.B. et al. (2005). Auckland Regional Community Stroke (ARCOS) Study Group. Trends in stroke incidence in Auckland, New Zealand, during 1981 to 2003. *Stroke*, 36, 2087–2093. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000181079.42690.bf>
- 18 Jimenez-Conde, J., Ois, A., Gomis, M., Rodriguez-Campello, A., Cuadrado-Godia, E., Subirana, I. et al. (2008). Weather as a trigger of stroke. Daily meteorological factors and incidence of stroke subtypes. *Cerebrovasc Dis.*, 26(4), 348–354. <https://doi.org/10.1159/000151637>
- 19 Miah, A.H., Sutradhar, S.R., Ahmed, S., Bhattacharjee, M., Alam, M.K., Bari, M.A. et al. (2012). Seasonal variation in types of stroke and its common risk factors. *Mymensingh Med J.*, 21(1), 13–20.
- 20 Passero, S., Reale, F., Ciacci, G. & Zei, E. (2000). Differing temporal patterns of onset in subgroups of patients with intracerebral hemorrhage. *Stroke J Cereb Circ.*, 31(7), 1538–1544. <https://doi.org/10.1161/01.str.31.7.1538>
- 21 Wang, Y., Levi, C., Attia, J.R., D'Este, C.A., Spratt, N. & Fisher, J. (2003). Seasonal variation in stroke in the Hunter Region, Australia: a 5-year hospital based study, 1995–2000. *Stroke*, 34(5), 1144–1150. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000067703.71251.B6>

22 Voronin, N.M. (1981). *Osnovy biologicheskoi i meditsinskoi klimatologii* [Fundamentals of Biological and Medical Climatology]. Moscow: Meditsina [in Russian].

23 Grigoreva, E.A. (2004). Otsenka diskomfortnosti klimata Evreiskoi avtonomnoi oblasti [Assessment of the discomfort of the climate of the Jewish Autonomous Region]. *Geografiia i prirodnye resursy — Geography and natural resources*, 4, 101–105 [in Russian].

24 Riashchenko, S.V. (1984). Mediko-geograficheskie aspekty izucheniia zdorovia naseleniia [Medical and geographical aspects of population health study]. *Mediko-geograficheskoe izuchenie raionov Sibiri: sbornik statei — Medical and geographical study of the regions of Siberia: book of articles*. Novosibirsk: Nauka [in Russian].

25 Andreev, S.S. (2004). Kratkaia bioklimaticheskaiia kharakteristika Rostovskoi oblasti [Brief bioclimatic characteristics of the Rostov region]. *Meteorologiya i gidrologiya — Meteorology and Hydrology*, 8, 53–60 [in Russian].

26 Arkhipova, I.V. (2005). Mediko-geograficheskii podkhod k otsenke komfortnosti klimaticheskikh i sotsialno-ekonomicheskikh uslovii regiona kak sredy zhiznedeiatel'nosti cheloveka [Medical and geographical approach to assessing the comfort of climatic and socio-economic conditions of the region as a human life environment]. *Polzunovskii vestnik — Polzunovsky Bulletin*, 4, 222–228 [in Russian].