

ТЕМПЕРАТУРА И ОЗОН В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ КАК ФАКТОРЫ РИСКА НЕОТЛОЖНЫХ СОСТОЯНИЙ СИСТЕМЫ ГЕМОДИНАМИКИ У НАСЕЛЕНИЯ ЮЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ

© 2020 г. **Е. В. Евстафьева, *В. А. Лапченко, **А. С. Макарова,
Н. К. Абибуллаева, И. А. Евстафьева**

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», г. Симферополь; *Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФГБУН Федерального исследовательского центра «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», г. Феодосия; **ФГАОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева», г. Москва

Волны жары и возрастание концентрации тропосферного озона в условиях глобального потепления признаются приоритетными факторами в отношении негативного влияния на здоровье населения. *Целью* исследования явилось определение значимости температуры атмосферного воздуха и концентрации озона в приземном слое атмосферы как факторов риска для возникновения неотложных состояний сердечно-сосудистой системы населения юга России. *Методы.* Выполнено обсервационное аналитическое исследование медико-экологического характера, в результате которого проанализировано среднемесячное за 2017 год и посуточное за январь, апрель, июль и октябрь число вызовов по поводу острых нарушений мозгового кровообращения, гипертонических кризов, острого инфаркта миокарда. Среднесуточные значения температуры воздуха фиксировали по метеосводкам в интернет-ресурсе (<https://rp5.ru>). Концентрацию озона в приземном слое определяли оптическим методом с помощью автоматического газоанализатора на станции фонового экологического мониторинга в Государственном природном заповеднике «Карадагский». Сопряженный анализ медицинских и метеорологических данных осуществляли посредством непараметрического корреляционного анализа по Спирмену. *Результаты.* На протяжении 2017 года среднесуточная концентрация озона в приземном слое атмосферы превышала норму в 1,5–2,5 раза. Наибольшее число значимых корреляций всех регистрируемых неотложных состояний сердечно-сосудистой системы с температурой воздуха и концентрацией озона выявлено в июле ($0,38 < r_s < 0,79$; $p < 0,05$). В другие сезоны года такая зависимость была слабее ($0,43 < r_s < 0,47$; $p < 0,05$) и обнаруживалась для гипертонических кризов и инфаркта миокарда от среднесуточной температуры в январе, для инфаркта миокарда – от амплитуды суточных колебаний концентрации приземного озона в октябре. *Выводы.* Максимум числа неотложных состояний, приходящийся на летние месяцы, может быть обусловлен синергическим эффектом влияния высоких уровней озона и температуры воздуха.

Ключевые слова: температура, озон, атмосфера, гемодинамика, южные территории

AIR TEMPERATURE AND OZONE CONCENTRATION AS RISK FACTORS FOR LIFE-THREATENING CARDIOVASCULAR CONDITIONS IN SOUTHERN RUSSIA

E. V. Evstafeva, *V. A. Lapchenko, **A. S. Macarova, N. K. Abibullaeva, I. A. Evstafeva

V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol; *T. I. Vyazemsky Karadag Scientific Station - Nature Reserve of RAS - Branch of A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Feodosiya;

**Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

Heat waves and increasing tropospheric ozone concentration accompanying global warming are recognized as risk factors for public health. *The aim* of the study was to assess the associations between atmospheric air temperature, ozone concentration as risk factors for life-threatening cardiovascular conditions in Southern Russia. *Methods.* An ecological study was performed. The number of ambulance calls (the monthly average for 2017 and daily for January, April, July and October) for acute cerebrovascular conditions, hypertensive crises, and acute myocardial infarction were analyzed. Data on mean daily air temperature was obtained from the weather reports (<https://rp5.ru>). The ozone concentration was determined by the optical method using an automatic gas analyzer at the environmental monitoring station in the Karadag State Nature Reserve. Spearman nonparametric correlation analysis was applied to study associations between the outcomes and the selected environmental conditions. *Results.* During 2017, the average daily concentration of ozone in the surface layer of the atmosphere exceeded the norm by 50-150 %. The largest number of significant correlations between all recorded cardiovascular life-threatening conditions and air temperature and ozone concentration was detected in July ($0,38 < r_s < 0,79$; all p-values $< 0,05$). In other seasons of the year, this correlation was somewhat weaker ($0,43 < r_s < 0,47$; all p-values $< 0,05$). Associations between hypertensive crises and myocardial infarction and average daily temperature were found in January. An association between myocardial infarction and the surface ozone concentration was observed in October. *Conclusion.* The maximum number of emergency conditions occurring in the summer months may be associated with the synergistic effects of high levels of ozone and air temperature.

Key words: temperature, ozone, atmosphere, hemodynamics, southern territories

Библиографическая ссылка:

Евстафьева Е. В., Лапченко В. А., Макарова А. С., Абибуллаева Н. К., Евстафьева И. А. Температура и озон в приземном слое атмосферы как факторы риска неотложных состояний системы гемодинамики у населения южных территорий России // Экология человека. 2020. № 5. С. 50–56.

For citing:

Evstafeva E. V., Lapchenko V. A., Macarova A. S., Abibullaeva N. K., Evstafeva I. A. Air Temperature and Ozone Concentration as Risk Factors for Life-Threatening Cardiovascular Conditions in Southern Russia. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 5, pp. 50-56.

Изменения климата, стремительно развивающиеся в последние годы, приводят не только к погодным катаклизмам и воздействию на состояние экосистем, но и оказывают возрастающее негативное влияние на здоровье человека. Оно может быть прямым и опосредованным через модификацию действия антропогенных факторов и суммацию эффектов [4, 7, 17, 22]. В связи с глобальным потеплением в качестве приоритетного фактора рассматривают температуру атмосферного воздуха, особенно ее воздействие в виде так называемых «волн жары» [8], которое приводит в том числе к возникновению острых состояний [20], требующих срочной медицинской помощи и являющихся одной из причин высокой смертности.

В значительной степени зависимой от температуры является другая важная характеристика атмосферного воздуха — концентрация озона в приземном слое атмосферы (КПО), которая увеличивается при высоких температурах и антропогенном загрязнении воздуха [6]. Именно его количественные изменения вызывают многочисленные негативные эффекты в состоянии природной среды и здоровья населения [1]. Согласно большинству наблюдений и всем прогнозам на большинстве населенных территорий в настоящее время происходит рост уровня озона, что должно привести к учащению эпизодов с опасными для здоровья концентрациями, в частности, известно его влияние на дыхательную и другие системы организма, обусловленное сильными окислительными свойствами [15]. По этой причине Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) и Европейское агентство по окружающей среде [21] включили озон в список пяти приоритетных загрязнителей атмосферы.

В отечественных исследованиях на этот счет имеются немногочисленные данные, в то время как за рубежом этой проблеме уделяется достаточное внимание [10, 11]. Южные регионы Российской Федерации, в частности Крымский полуостров, с этой точки зрения являются территориями повышенного климатического риска. Наряду с высокими температурами высокие значения концентрации приземного озона (КПО) регистрировались в курортном районе Юго-Восточного Крыма уже в начале 90-х годов прошлого века [5], а наличие в Республике Крым на станции фонового экологического мониторинга (СФЭМ) Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского — природный заповедник РАН — филиал ФГБУН Федерального исследовательского центра «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН» (КНС — ПЗ РАН филиал ФИЦ ИнБЮМ), где возможна перманентная регистрация озона, создает хорошие условия для детального изучения данной проблемы в южном регионе России и может существенно дополнить ведущиеся здесь в течение многих лет медико-экологические исследования [3].

В связи с вышеизложенным целью настоящего исследования явилось определение значимости двух важнейших метеофакторов — температуры атмосферного воздуха и КПО — как факторов риска для

некоторых острых состояний сердечно-сосудистой системы населения на территории Крымского полуострова на примере г. Симферополя. Были поставлены следующие задачи: проанализировать изменения температуры атмосферного воздуха и КПО в течение года на СФЭМ; сопоставить среднесуточную динамику вызовов скорой помощи с температурными характеристиками воздуха и концентрацией озона в течение одного месяца каждого сезона года; посредством непараметрического корреляционного анализа количественно оценить их взаимосвязь.

Методы

Проанализированы временные ряды среднемесячных температуры воздуха, КПО и вызовов скорой помощи (ВСП) по причине неотложных состояний сердечно-сосудистой системы (ССС) в г. Симферополе в течение 2017 года, а также среднесуточные, максимальные величины метеофакторов, амплитуда их изменений и количество ВСП в сутки в течение января, апреля, июля и октября 2017 года.

Среднесуточные (T_{mean} , °C) и максимальные температуры воздуха (T_{max} , °C), фиксировались по метеосводкам интернет-ресурса (<https://gr5.ru>). Измерения КПО проводились на СФЭМ КНС — ПЗ РАН филиал ФИЦ ИнБЮМ оптическим методом (поглощение в УФ-области) с помощью автоматического газоанализатора АРОА 370 (HORIBA, Япония). Отбор проб осуществлялся с использованием тефлоновых трубок на высоте 2 метра от поверхности земли. Данные непрерывной регистрации озона усреднялись за минутный, получасовой и часовой интервалы наблюдений с сохранением информации в регистраторе — I/O — EXPANDER (HORIBA). С помощью программы IOVIS 2,2 из регистратора извлекались среднечасовые данные КПО, на основании которых анализировали среднесуточную ($O_{3\text{mean}}$), максимальную ($O_{3\text{max}}$) концентрацию озона и амплитуду ее изменений ($O_{3\text{a-la}}$) за весь период наблюдений в течение года и в исследуемые месяцы.

К числу регистрируемых по ВСП патологий были отнесены: острый инфаркт миокарда (ОИМ), гипертонический криз (ГБ), острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК), которые вносят наибольший вклад в смертность населения, в том числе в Республике Крым. Использовали статистические данные Симферопольской станции скорой медицинской помощи (ССМП) за 2017 год. За январь/апрель/июль/октябрь проанализированы 8 931 выездная карта ССМП.

Взаимосвязь между изменениями концентрации озона и частотой неотложных состояний в течение января, апреля, июля и октября после предварительного анализа характера распределения по критериям Колмогорова — Смирнова, Лиллифорс оценивали посредством непараметрического корреляционного анализа по Спирмену. Статистическую обработку данных осуществляли с использованием стандартного пакета программ Statistica 8.0. Как статистически значимые рассматривались коэффициенты корреляций (r_s) при $p < 0,05$.

Результаты

Анализ среднемесячных данных скорой помощи показал, что наибольшее количество вызовов пришлось на летний период (30,83 %) с максимумом в августе (рис. 1), когда среднесуточная температура была максимальной (рис. 2). КПО в атмосфере в августе составила 79 мкг/м^3 , в то время как в июле была несколько выше и равнялась 82 мкг/м^3 , минимальные среднесуточные величины отмечены в декабре (см. рис. 2). Таким образом, в течение всего 2017 года среднесуточная КПО в воздухе существенно превышала ПДК, принятую для этого показателя равной 30 мкг/м^3 [2].

Исходя из этих данных, для более детального анализа были сопоставлены данные ежесуточных ВСП, КПО и температурных показателей атмосферного воздуха за четыре месяца года: январь, апрель, июль и октябрь — месяцы, представляющие разные сезоны. Динамика среднесуточных изменений температуры атмосферного воздуха и КПО за эти месяцы представлены на рис. 3 и 4. Их вариабельность создает хорошую возможность для установления корреляционных связей и выявления зависимостей в случае их существования, а суточная динамика КПО с увеличением в дневное и уменьшением в ночное время суток позволяет говорить о том, что регистрируемые

изменения отражают в основном изменения фонового содержания озона в регионе [1]. Это делает в определенной степени правомерным прямое сопоставление КПО на территории станции, располагающейся на расстоянии 120 км от Симферополя, со статистическими данными ВСП в городе, где наибольшая плотность населения в Крымском регионе и данные медицинской статистики представляются наиболее информативными.

Их анализ показал, что наиболее «реактивной» категорией населения являлись пациенты старше 60 лет. Это согласуется с наблюдениями, установленными в других регионах мира, так как данная возрастная категория имеет сниженные адаптационные резервы и, как правило, хронические заболевания сердечно-сосудистой системы и обнаруживает наибольшую чувствительность к изменениям климатопогодных факторов [12]. При этом мужское население Симферополя на 16,9 % больше было подвержено ОИМ и на 27,7 % — ОНМК, чем женское.

Корреляционный анализ, выполненный с целью установления зависимости острых состояний ССС от температуры воздуха («волн жары», в частности) и КПО, позволил обнаружить, что наибольшее число и наиболее высокая плотность корреляционных связей всех видов изученных нозологий с температурными

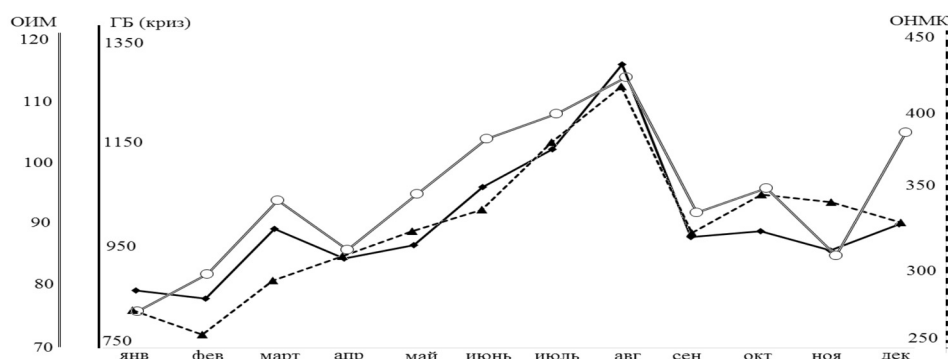


Рис. 1. Среднемесячное количество вызовов скорой помощи в течение 2017 года по поводу острого инфаркта миокарда (ОИМ), острой недостаточности мозгового кровообращения (ОНМК), гипертонических кризов (ГБ криз)

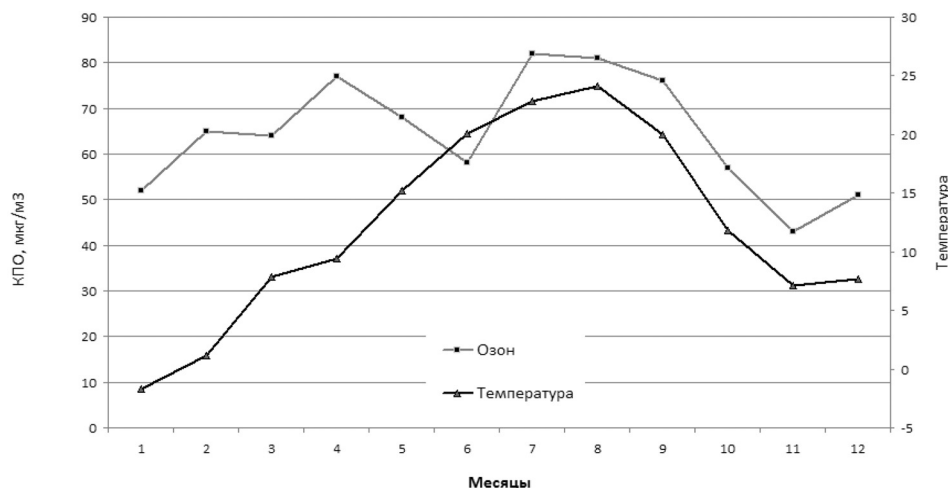


Рис. 2. Среднемесячные изменения температуры атмосферного воздуха ($T_{\text{mean}}, ^\circ\text{C}^0$) и концентрации приземного озона (КПО, мкг/м^3) в течение 2017 года

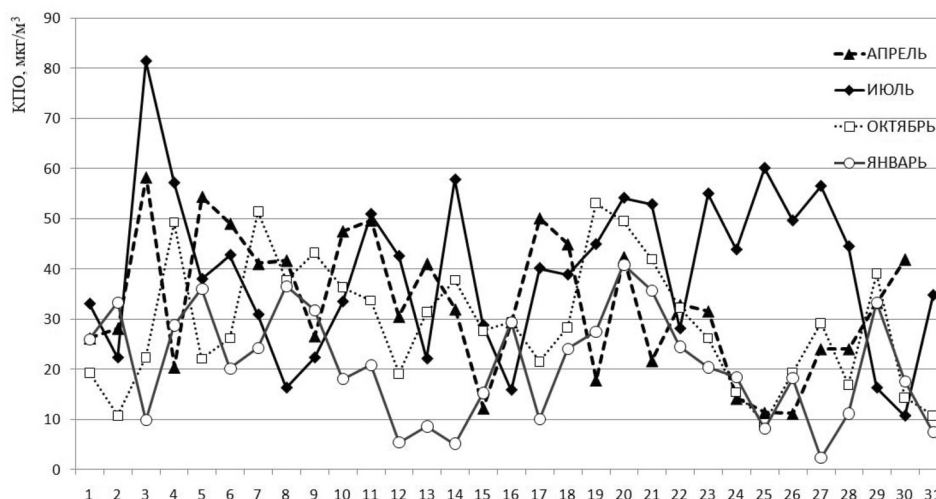


Рис. 3. Изменения концентрации приземного озона в январе, апреле, июле и октябре 2017 года

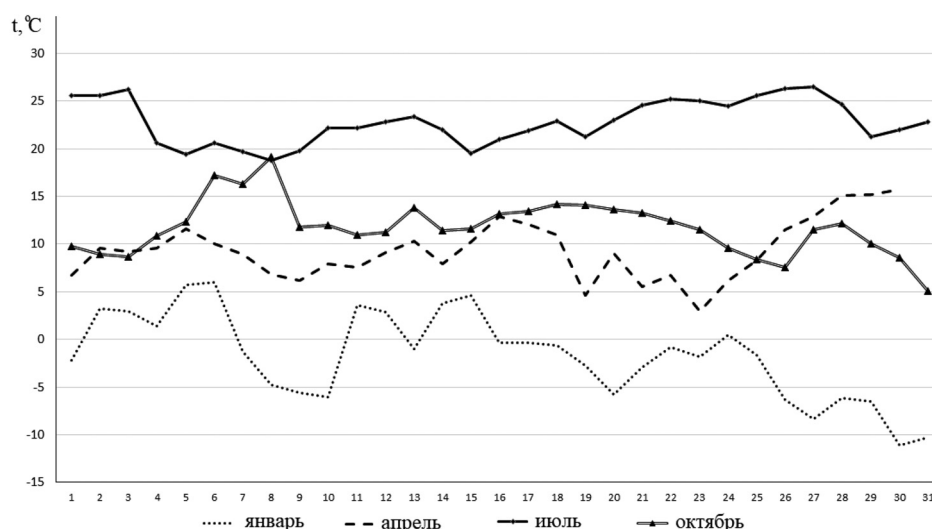


Рис. 4. Изменения среднесуточной температуры в январе, апреле, июле и октябре 2017 года

характеристиками атмосферного воздуха, причем как с T_{mean} , так и с T_{max} для ОНМК, выявлена в июле; менее плотная, но статистически значимая зависимость от T_{mean} имела место в январе, в то время как в апреле и октябре не было установлено ни одной значимой связи между анализируемыми рядами данных (рис. 5).

Значимые корреляции всех видов нозологий с теми или иными характеристиками уровня озона в приземном слое атмосферы (O_{3mean} , O_{3max} и O_{3a-da}) также большей частью имели место в июле, в октябре наблюдалась одна корреляционная связь для ОИМ с O_{3a-da} , что позволяет констатировать наличие реакции ССС не только и не столько на величину КПО, сколько на амплитуду изменений данного фактора.

При этом между температурой и КПО выявлена статистически значимая взаимосвязь ($r_s = 0,69$, $p = 0,05$).

Обсуждение результатов

Результаты настоящего исследования позволяют констатировать, что наибольшее число и плотность корреляционных связей всех видов изученных нозологий с температурой и КПО атмосферного воздуха

выявлены в летний период, когда значения данных метеофакторов достигали наиболее высоких величин, при этом КПО значительно превышала принятую норму. Это дает основание рассматривать жару и КПО на южных территориях как факторы риска для возникновения таких неотложных состояний ССС населения, как ОИМ, ОНМК и ГБ.

Влияние жары на организм человека реализуется не только через сугубо физиологические механизмы в виде дегидратации, нарушений минерального обмена и, следовательно, изменение свойств возбудимых тканей и реологических свойств крови. Эти изменения могут оказывать как прямое влияние на электрическую активность мозга, так и не прямое через мозговую ишемию [18]. Но в значительной степени влияние жары реализуется также через неспецифический механизм реагирования на тепловой стресс, включая его психоэмоциональную составляющую [9]. В этом случае именно ССС является основной исполнительской системой, обеспечивающей адаптационные перестройки в организме, и от состояния механизмов регуляции этой системы зависит общая состоятельность приспособительных реакций. Имен-

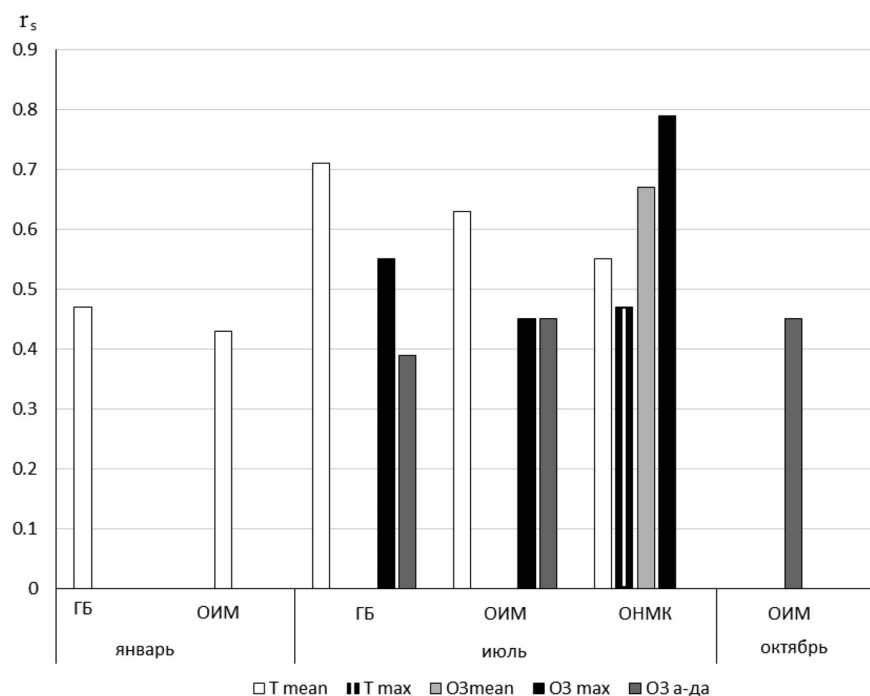


Рис. 5. Коэффициенты корреляций ($p < 0,05$) между количеством неотложных состояний и характеристиками метеофакторов

Примечание. T_{mean} — среднесуточная температура воздуха; T_{max} — максимальная температура в сутки; O_{3mean} — среднесуточная концентрация озона в воздухе; O_{3max} — максимальная концентрация озона в сутки; O_{3a-da} — амплитуда изменений концентрации озона в воздухе за сутки.

но увеличение симпатического тонуса в сочетании с низкой эмоциональной стабильностью во время «волн жары» может рассматриваться как фактор риска для заболеваний ССС [14].

Механизм негативного воздействия озона на ССС описан в литературе и основывается на данных как экспериментальных, так и эпидемиологических исследований [13, 19]. Так, вдыхание озона животными приводило к нарушению электрофизиологических показателей сердечной деятельности [16]. Главным образом действие озона реализуется через запуск окислительного стресса [10], отсюда разнообразие негативных эффектов в отношении как ССС, так и других систем организма. При этом вовлечение активных форм кислорода в метаболические реакции в условиях недостаточности эндогенной антиоксидантной системы в организме может оказывать прямое повреждающее действие на кардиомиоциты, активировать прокоагулянтную систему крови, изменять ее реологические свойства, что приводит к нарушению кровотока и развитию как коронарных синдромов, так и инфарктов и инсультов по ишемическому типу [5].

Таким образом, наличие общих звеньев в физиологическом механизме действия данных метеофакторов дает основание полагать, что может иметь место по крайней мере их аддитивное, а возможно, и синергическое действие. Однако зависимость концентрации озона от температуры атмосферного воздуха, о чем свидетельствуют наши и литературные данные, приведенные в начале статьи, и вероятность в этом случае кофакторного эффекта, не дают возможности статистической оценки их сочетанного действия и

вклада в наблюдаемый эффект каждого из них посредством множественного регрессионного анализа.

Помимо общего характера приведенных выше механизмов следует отметить, что их реализация в разных условиях и на разных территориях может иметь определенные специфические черты. Так, при проведении подобного исследования в городах Вятские Поляны и Москва существенных корреляционных связей ВСК с уровнем озона в летние месяцы не обнаружено [5]. Очевидно, что важную роль в обусловливании эффекта может играть не только природа фактора, но и его количественная характеристика. Так, надежно установленные факты обусловленности 21 000 преждевременных смертей в год действием озона на территории Европы наблюдались при его концентрации выше 70 мкг/м^3 [10], что даже создало возможность определения по количеству вызовов скорой медицинской помощи концентрации озона в воздухе [11].

Кроме уровня озона в атмосферном воздухе такое же важное значение для конечного эффекта влияния, по-видимому, имеет и количественная характеристика температуры воздуха. В пользу этого свидетельствуют и наши данные об отсутствии или меньшей выраженности эффектов в другие по сравнению с летним периодом сезоны года.

Заключение

Результаты настоящего исследования позволяют констатировать, что высокая температура в сочетании с превышающей нормативные значения концентрацией озона в атмосферном воздухе в летний сезон 2017 года на южных территориях России могли явиться значимы-

ми факторами риска для таких неотложных состояний ССС населения, как ОИМ, ОНМК и ГБ. Это обстоятельство важно учитывать при оздоровительном отдыхе некоторых категорий населения в летнее время. При этом температурное воздействие, если принимать во внимание плотность корреляционных связей, по силе влияния на ССС более существенно, чем воздействие КПО. Перспективно, по всей видимости, установление возможной роли и других метеофакторов при их различных сочетаниях, способных модифицировать конечный эффект влияния на здоровье населения. Их действие может различаться в разных регионах, и вполне возможен еще более выраженный негативный эффект «волн жары» в «прохладных» регионах, к которым местное население не адаптировано. Это предъявляет высокие требования к приспособительным возможностям организма и может способствовать более выраженному развитию дизадаптационных процессов. Перспективным на этот счет представляется проведение сравнительных исследований в контрастных регионах Российской Федерации, например Крымском и Арктическом, что позволит отдифференцировать общие и специфические закономерности влияния на здоровье актуальной климатической ситуации.

В связи с вышеизложенным несомненной является необходимость дальнейших исследований, учитывающих климато-погодные особенности регионов, с целью количественной оценки выраженности негативного эффекта климатических факторов в отношении здоровья населения в зависимости от их сочетания и интенсивности. На этой основе будет возможно прогнозирование и разработка конкретных рекомендаций и мер по профилактике и «смягчению» негативного влияния на здоровье человека.

Благодарности

Настоящая работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН в рамках проекта «Разработка рекомендаций по адаптации населения различных возрастных групп к воздействию температурных волн жары», 2018–2020 гг.

Авторы выражают благодарность инженерам Станции фонового экологического мониторинга ФГБУН «КНС – ПЗ РАН» Д. Н. Давидовичу, Л. А. Столярову, В. Г. Медведеву и А. Н. Родионову за обеспечение устойчивой работы приборов; ассистенту кафедры физиологии нормальной В. В. Белалову за подготовку иллюстративного материала к статье.

Авторство

Евстафьева Е. В. — автор концепции и дизайна исследований, принимала участие в анализе, описании и обсуждении полученных результатов, написании и редакции окончательного варианта статьи; Лапченко В. А. выполнил исследования, связанные с регистрацией, обработкой и анализом данных по содержанию озона в воздухе, сделал обзор литературы по проблеме, редактировал текст статьи, принял участие в написании статьи в рамках темы Гос. задания № АААА-А19-119012490044-3; Абибуллаева Н. К. осуществила сбор и первичную обработку данных скорой помощи, классификацию и систематизацию данных по патологиям, первичную статистическую обработку данных, анализ и описание данных по заболеваемости; Евстафьева И. А. участвовала в статистической обработке данных,

обобщении, первичной интерпретации полученных результатов, их графическом представлении, подготовке первого варианта статьи; Макарова А. С. принимала участие в интерпретации и описании данных по озону и температуре атмосферного воздуха, редакции текста статьи.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Евстафьева Елена Владимировна — ORCID 0000-0002-8331-4149; SPIN 2768-1760

Лапченко Владимир Александрович — ORCID 0000-0002-6441-710X; SPIN 7551-1174

Макарова Анна Сергеевна — ORCID 0000-0001-8097-4515; SPIN 2089-5221

Абибуллаева Нияра Кемаловна — ORCID 0000-0002-3435-7134; SPIN 7171-0909

Евстафьева Ирина Андреевна — ORCID 0000-0002-8658-8241; SPIN 4726-9015

Список литературы

1. Белан Б. Д. Озон в тропосфере / под ред. В. А. Погадаева. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2010. 487 с.
2. ГН 2.1.6.3492-17. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений. М.: Моргкнига, 2018. 40 с.
3. Евстафьева Е. В. Оценка экологического риска для здоровья на территории Республики Крым // Проблемы анализа риска, 2014. Т. 11, № 5. С. 30–38.
4. Карпин В. А., Гудков А. Б., Шувалова О. И. Анализ воздействия климатотехногенного прессинга на жителей северной урбанизированной территории // Экология человека. 2018. № 10. С. 9–14.
5. Котельников С. Н., Степанов Е. В. Влияние приземного озона на здоровье населения // Труды Института общей физики им. А. М. Прохорова, 2015. Т. 71. С. 72–94.
6. Куркудилова А. В., Макарова А. С., Тарасова Н. П., Лапченко В. А., Евстафьева Е. В. Процессы образования тропосферного озона в условиях Крымского полуострова // Безопасность в техносфере. 2018. № 1. С. 13–19. Doi: 10.12737/article_5b5ef57d5a4147.22312796
7. Мироновская А. В., Бузинов Р. В., Гудков А. Б. Прогнозная оценка неотложной сердечно-сосудистой патологии у населения северной урбанизированной территории // Здравоохранение Российской Федерации. 2011. № 5. С. 66–67.
8. Ревич Б. А., Шапошников Д. А., Першаген Г. Новая эпидемиологическая модель по оценке воздействия аномальной жары и загрязненного атмосферного воздуха на смертность населения (на примере Москвы 2010 г.) // Профилактическая медицина. 2015. № 5. С. 5–19. Doi: 10.17116/profmed2015184
9. A Human Health Perspective on Climate Change. The Intergovernmental Working Group on Climate Change and Health, 2010. P. 80.
10. Amann M., Derwent D., Forsberg B., Hänninen O., Hurley F., Krzyzanowski M., de Leeuw F., Liu S. J., Mandin C., Schneider J., Schwarze P., Simpson D. Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution. WHO, 2008. Regional Office for Europe. URL: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78647/E91843.pdf.
11. Bates D. V. Ambient Ozone and Mortality // Epidemiology, 2005. N 16 (4). P. 427–429.
12. De Blois J., Kjellstrom T., Agewall S., Ezekowitz J. A., Armstrong P. W., Atar D. The Effects of Climate Change on Cardiac Health // Cardiology. 2015. Vol. 131. P. 209–217.
13. Chuang G. C., Yang Z. Pulmonary ozone exposure induces vascular dysfunction, mitochondrial damage, and atherogenesis // Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol. 2009. Vol. 297 (2). P. 209–216.

14. Evstafeva E. V., Tymchenko S. L., Zalata O. A., Bogdanova A. M. Effects of meteorological factors on higher mental functions and autonomic nervous system in southern population // *The New Armenian Medical Journal*. 2019. Vol. 13, N 2. P. 34–42.

15. Harucha M. J., Legohn A. S. Nonlinearity in human health response to ozone: Experimental laboratory consideration // *Atmos. Environ.* 2007. Vol. 41, N 22. P. 4559–4570.

16. Hazari M. S., Winsett D. W., Kulukulalani A., Carll A. P., Najwakal-Coates N., Lamb C. M., Lappi E., Terrell D., Cascio W. E., Costa D. L. Overt and latent cardiac effects of ozone inhalation in rats: evidence for autonomic modulation and increased myocardial vulnerability // *Environmental Health Perspectives*. 2012. N 120 (3). P. 348–354.

17. Kinney P. L. Interactions of Climate Change, Air Pollution, and Human Health // *Curr. Environ. Health Rep.* 2018. N 5 (1). P. 179–186. Doi: 10.1007/s40572-018-0188-x

18. Kochs E. Electrophysiological monitoring and mild hypothermia // *J Neurosurg. Anesthesiol.* 1995. Vol. 7. P. 222–228. Doi: 10.1097/00008506-199507000-00022.20

19. Ren C., Williams G., Morawska L., Mengersen K., Tong S. Ozone modifies associations between temperature and cardiovascular mortality - the analysis using the NMMAPS Data // *Epidemiology*. 2007. N 18 (5). P. 69–70.

20. Sherbakov T., Malig B., Guirguis K., Gershunov A., Basu R. Ambient temperature and added heat wave effects on hospitalizations in California from 1999 to 2009 // *Environ Res.* 2018. Vol. 160. P. 83–90. Doi: 10.1016/j.envres.2017.08.052. Epub 2017 Sep 30

21. The European environment. State and outlook 2010. Synthesis. Copenhagen: European Environment Agency, 2010. 228 p

22. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grijbovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry // *Epidemiologia and prevenzione*. 2010. Vol. 34, iss. 5-6. P. 138.

References

1. Belan B. D. *Ozon v troposphere* [Ozon in troposphere]. Ed. V. A. Pogodaev. Tomsk, 2010, 487 p.

2. *Gigienicheskii normativ GN 2.1.6.3492-17. Predel'no dopustimye kontsentratsii zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfernom vozdukhse naselennykh mest* [Limited acceptable concentrations of pollutants in air of atmosphere on urbanized and rural territories]. Moscow, 2018, 40 p.

3. Evstafeva E. V. Ecological risk assessment for health on territory of the Crimea Republic. *Problemy analiza riska* [Issues of Risk Analysis]. 2014, 11 (5), pp. 30-38. [In Russian]

4. Karpin V. A., Gudkov A. B., Shuvalova O. I. Analysis of impact of climate-technogenic pressing on residents of northern urbanized territory. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2018, 10, pp. 9-14. [In Russian].

5. Kotel'nikov S. N., Stepanov E. V. Vliyanie prizemnogo ozona na zdorov'e naseleniya [Influence of presurface ozone on human health]. In: *Trudy Instituta obshchei fiziki im. A. M. Prokhorova* [Proceedings of the Prokhorov General Physics Institute of RAS]. 2015, 71, pp. 72-94.

6. Kurkudilova A. V., Makarova A. S., Tarasova N. P., Lapchenko V. A., Evstafeva E. V. The processes of tropospheric ozone formation in the Crimea. *Bezopasnost v technosfere* [Safety in the Technosphere]. 2018, 1, pp. 13-19. Doi: 10.12737/article_5b5ef57d5a4147.22312796. [In Russian]

7. Mironovskaya A. V., Buzinov R. V., Gudkov A. B. Prognostic evaluation of urgent cardiovascular disease in the population of a northern urbanized area. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii* [Public Health of the Russian Federation]. 2011, 5, pp. 66-67. [In Russian]

8. Revich B. A., Shaposhnikov D. A., Pershagen G. New epidemiological model to assess of anomal. *Profylakticheskaya meditsina* [Preventive Medicine]. 2015, 5, pp. 5-19. Doi: 10.17116/profmed2015184. [In Russian]

9. A Human Health Perspective on Climate Change. *The Interagency Working Group on Climate Change and Health*, 2010, 80 p.

10. Amann M., Derwent D., Forsberg B., Hänninen O., Hurley F., Krzyzanowski M., de Leeuw F., Liu S. J., Mandin C., Schneider J., Schwarze P., Simpson D. *Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution*. WHO, 2008, Regional Office for Europe. Available at: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78647/E91843.pdf

11. Bates D. V. Ambient Ozone and Mortality. *Epidemiology*. 2005, 16 (4), pp. 427-429.

12. De Blois J., Kjellstrom T., Agewall S., Ezekowitz J. A., Armstrong P. W., Atar D. The Effects of Climate Change on Cardiac Health. *Cardiology*. 2015, 131, pp. 209-217.

13. Chuang G. C., Yang Z. Pulmonary ozone exposure induces vascular dysfunction, mitochondrial damage, and atherogenesis. *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.* 2009, 297 (2), pp. L209-L216.

14. Evstafeva E. V., Tymchenko S. L., Zalata O. A., Bogdanova A. M. Effects of meteorological factors on higher mental functions and autonomic nervous system in southern population. *The New Armenian Medical Journal*. 2019, 13 (2), pp. 34-42.

15. Harucha M. J., Legohn A. S. Nonlinearity in human health response to ozone: Experimental laboratory consideration. *Atmos. Environ.* 2007, 41 (22), pp. 4559-4570.

16. Hazari M. S., Winsett D. W., Kulukulalani A., Carll A. P., Najwa Haykal-Coates, Lamb C. M., Lappi E., Terrell D., Cascio W. E., Costa D. L. Overt and latent cardiac effects of ozone inhalation in rats: evidence for autonomic modulation and increased myocardial vulnerability. *Environmental Health Perspectives*. 2012, 120 (3), pp. 348-354.

17. Kinney P. L. Interactions of Climate Change, Air Pollution, and Human Health. *Curr. Environ. Health Rep.* 2018, 5 (1), pp. 179-186. Doi: 10.1007/s40572-018-0188-x

18. Kochs E. Electrophysiological monitoring and mild hypothermia. *J Neurosurg Anesthesiol.* 1995, 7, pp. 222-228. Doi: 10.1097/00008506-199507000-00022.20

19. Ren C., Williams G., Morawska L., Mengersen K., Tong S. Ozone modifies associations between temperature and cardiovascular mortality - the analysis using the NMMAPS Data. *Epidemiology*. 2007, 18 (5), pp. 69-70.

20. Sherbakov T., Malig B., Guirguis K., Gershunov A., Basu R. Ambient temperature and added heat wave effects on hospitalizations in California from 1999 to 2009. *Environ Res.* 2018, 160, pp. 83-90. Doi: 10.1016/j.envres.2017.08.052. Epub 2017 Sep 30

21. The European environment. State and outlook 2010. Synthesis. Copenhagen, European Environment Agency, 2010, 228 p.

22. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grijbovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry. *Epidemiologia and prevenzione*. 2010, 34 (5-6), p. 138.

Контактная информация:

Евстафьева Елена Владимировна — доктор медицинских наук, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой физиологии нормальной Медицинской академии им. С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского»

Адрес: 295051, Республика Крым, г. Симферополь, бульвар Ленина, д. 5/7

E-mail: e.evstafeva@mail.ru