

УДК 612.223.12: 616.248 (477.45)

<https://doi.org/10.22328/2413-5747-2023-9-4-40-50>

КОНЦЕНТРАЦИЯ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА И НЕОТЛОЖНЫЕ СОСТОЯНИЯ У БОЛЬНЫХ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА

¹Е. В. Евстафьева*, ²В. А. Лапченко, ¹Л. Ш. Дудченко, ¹С. Н. Беляева¹«Академический научно-исследовательский институт физических методов лечения, медицинской климатологии и реабилитации им. И. М. Сеченова», г. Ялта, Республика Крым, Россия²Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН, филиал ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», пгт. Курортное, Республика Крым, Россия

ЦЕЛЬ Оценить взаимосвязь неотложных состояний у больных бронхиальной астмой (БА) с концентрацией приземного озона (КПО) в разные сезоны года на Южном берегу Крыма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведены эпидемиологическое исследование частоты обращений по поводу неотложных состояний у больных БА в Ялте, исходя из данных станции скорой помощи, за период с апреля 2010 г. по март 2011 г.; перманентная регистрация КПО на станции фонового экологического мониторинга (СФЭМ) оптическим методом с помощью автоматического газоанализатора АРОА 370 (HORIBA); анализ зависимости сопоставляемых данных посредством непараметрического корреляционного анализа по Спирмену.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Корреляционный анализ ежедневных, среднемесячных и сезонных данных по вызовам скорой помощи в связи с тяжелыми приступами БА и среднесуточных максимальных, минимальных КПО в течение астрономического года (апрель 2010 – март 2011 гг.) выявил однотипные по характеру зависимости от амплитуды изменений озона: статистически значимую в ноябре и на уровне тенденции – в сентябре 2010 г., что не дает достаточных оснований говорить о негативном влиянии озона на состояние больных БА на территории Южного берега Крыма. Проанализированы возможные причины выявленной слабой зависимости, при том что среднесуточные значения озона, как правило, были выше предельно допустимой концентрации в течение всего периода наблюдения, а в летнее время года – выше ПДК при 8-часовом воздействии.

ОБСУЖДЕНИЕ. Однако, учитывая данные многочисленных зарубежных исследований по количественной оценке негативного влияния озона на организм человека, необходим анализ более долговременных рядов наблюдений с учетом сопутствующих метеопогодных факторов Южного берега Крыма, способных существенно модифицировать ответ организма на КПО. Это позволит определить уровни озона в сочетании с другими метеопогодными условиями, безопасные для больных БА, в том числе проходящих реабилитацию в условиях санаторно-курортных учреждений Крыма.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, приземный озон, бронхиальная астма, Южный берег Крыма

*Для корреспонденции: Евстафьева Елена Владимировна, e-mail: e.evstafeva@mail.ru

*For correspondence: *Elena V. Evstafeva*, e-mail: e.evstafeva@mail.ru

Для цитирования: Евстафьева Е. В., Лапченко В. А., Дудченко Л. Ш., Беляева С. Н. Концентрация приземного озона и неотложные состояния у больных бронхиальной астмой на Южном берегу Крыма // *Морская медицина*. 2023. Т. 9, No. 4. С. 40-50, doi: <https://doi.org/10.22328/2413-5747-2023-9-4-40-50> EDN: <https://elibrary.ru/IOPBUY>

For citation: Evstafeva E. V., Lapchenko V. A., Dudchenko L. Sh., Belyaeva S. N. Tropospheric ozone and the emergency conditions in bronchial asthma patients on the south coast of the Crimea // *Marine medicine*. 2023. Vol. 9, No. 4. P. 40-50, doi: <https://doi.org/10.22328/2413-5747-2023-9-4-40-50> EDN: <https://elibrary.ru/IOPBUY>

© Авторы, 2023. Издатель Индивидуальный предприниматель Симакина Ольга Евгеньевна. Данная статья распространяется на условиях «открытого доступа», в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии указания автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>

GROUND-LEVEL OZONE CONCENTRATION AND EMERGENCY CONDITIONS IN PATIENTS WITH BRONCHIAL ASTHMA ON SOUTHERN COAST OF CRIMEA: RETROSPECTIVE STUDY

¹Elena. V. Evstafeva*, ²Vladimir A. Lapchenko, ¹Leila Sh. Dudchenko, ¹Svetlana N. Belyaeva

¹Academic Research Institute of Physical Methods of Treatment, Medical Climatology and Rehabilitation named after I. M. Sechenov, Yalta, Republic of Crimea, Russia

²T. I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of RAS – Branch of A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Kurortnoe, Republic of Crimea, Russia

OBJECTIVE. To evaluate the link of emergency conditions in patients with bronchial asthma to the ground-level ozone concentration in different seasons of the year on the southern coast of Crimea.

MATERIALS AND METHODS. Epidemiological study of frequency of visits concerning emergency conditions in patients with bronchial asthma in Yalta according to the ambulance station from April 2010 to March 2011; permanent recording of the ground-level ozone concentration at the background environmental monitoring station (BEMS) by the optical method using automatic gas analyzer APOA 370 (HORIBA). Analysis of the collated data dependence via the Spearman non-parametric correlation analysis.

RESULTS: Correlation analysis of daily, average monthly and seasonal data on ambulance call with regard to severe bronchial asthma and average daily, maximum, minimum ground-level concentration (GLC) during the astronomical year (April 2010– March 2011) has revealed single-type dependence in nature on the amplitude of ozone changes: statistically significant in November and at the level of trends – in September 2010 that does not provide a sufficient basis to talk about a negative ozone impact on the condition of patients with bronchial asthma on the territory of the southern coast of Crimea. The possible causes of the identified weak dependence are analyzed, though the daily average of ozone was typically higher than MPV (maximum permissible value) throughout the follow-up period, and in the summer – higher than MPV with 8-hour exposure.

DISCUSSION. However, considering data of numerous foreign studies on the quantification of ozone negative impact on the human body, it is necessary to analyze more long-term series of observations in view of related weather factors of the Southern coast of Crimea that can significantly modify response of the body to GLC. This will determine ozone levels along with other weather conditions, safe for patients with bronchial asthma, including those who undergo rehabilitation in sanatorium-resort institutions of Crimea.

KEYWORDS: marine medicine, ground-level ozone, bronchial asthma, Southern coast of Crimea

Введение. В последние десятилетия высокую заболеваемость органов дыхательной системы связывают с атмосферным загрязнением. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) обозначила пять приоритетных атмосферных загрязнителей, содержание которых необходимо контролировать при определении качества воздуха [1]. Второе место среди них занимает приземный озон. Он вызывает озабоченность в отношении негативного влияния на здоровье населения, что обусловлено высокой токсичностью и все чаще встречающимися превышениями предельно допустимой концентрации (ПДК). При этом озон, в отличие от остальных основных загрязнителей атмосферы – продуктов антропогенной деятельности, относится к вторичным загрязнителям, так как в повышенных концентрациях он образуется в фотохимических реакциях с участием первичных загрязнителей – предшественников озона. По этой причине изучение проблемы влияния озона на здоровье населения особенно актуально

в южных регионах с высоким уровнем ультрафиолетового излучения.

Во многих странах в настоящее время уделяется значительное внимание этой проблеме, а достаточно многочисленные исследования тропосферного озона за рубежом свидетельствуют о его разнообразных негативных эффектах в отношении различных систем организма [2]. Особое внимание вызывает дыхательная система, поскольку озон в высоких концентрациях оказывает прямое раздражающее действие на слизистую дыхательных путей человека, является фактором риска развития острого респираторного дистресс-синдрома [3] и причиной нескольких сотен тысяч преждевременных смертей и десятков миллионов ежегодных посещений отделений неотложной помощи, связанных, в частности, с астмой [4].

Роль озона как триггера БА у здоровых людей и ухудшения состояния пациентов с уже имеющейся астмой известна сравнительно давно [5]: 0,2 мг/м³ озона вызывают повыше-

ние сопротивляемости бронхов и значительное падение парциального давления кислорода в артериальной крови, у больных астмой и хроническим бронхитом значительно усиливается бронхоспазм [6]. Более поздние исследования показали менее сильные ассоциации длительного воздействия озона с обструкцией дыхательных путей по сравнению с нарушением функции мелких дыхательных путей, что свидетельствует о большей уязвимости больных с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) [7], а также детей, больных астмой [8]. У взрослых пациентов, больных БА, но не в контрольной группе, увеличение концентрации озона предшествовало снижению функции легких и росту биомаркеров респираторного и системного воспаления. Эти ассоциации были сильнее выражены у обследованных с атопией, причем как с астмой, так и без нее. Важно подчеркнуть, что результаты исследования были отмечены, когда уровни атмосферного озона преимущественно соответствовали действующим и пересмотренным национальным стандартам качества воздуха [9].

Связь между уровнем приземного озона и неблагоприятными респираторными последствиями указывает на необходимость учета этих данных регулирующими органами и постоянной переоценкой стандартов загрязнения окружающей среды, которые должны быть предназначены для защиты наиболее уязвимых слоев населения, и выработкой стратегии по уменьшению воздействия атмосферного озона на человека [10–12]. При этом отмечается, что в практической медицине имеются ограниченные знания о вреде, который может оказывать озон, что снижает эффективность тактики лечения [13].

Ввиду важности этой проблемы в мире работают десятки тысяч мониторинговых станций, перманентно регистрирующих изменения концентрации приземного озона (КПО). В Российской Федерации имеется 20 таких станций, из них 7 – фоновые. Одна из них находится на приморской территории государственного Карадагского природного заповедника в Крыму.

Южный берег Крыма (ЮБК) является территорией оздоровления пульмонологических больных. Таким образом, в свете современных знаний о влиянии озона на состояние дыхательной системы и технической возможности его регистрации актуальным и практически

неисследованным является вопрос о возможном влиянии КПО на состояние пульмонологических больных на ЮБК. В качестве рабочей гипотезы в настоящем исследовании предполагалось выявить уровни КПО, при которых увеличивается частота осложнений состояния больных БА в условиях приморских территорий ЮБК, что и явилось целью настоящего исследования.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели в статистическом пакете Excel были сформированы и проанализированы ретроспективные базы данных ежедневных вызовов скорой помощи по причине тяжелых приступов БА у жителей Ялты, а также ежедневные, среднесуточные максимальные и минимальные в течение суток и среднемесячные данные о КПО. Вычисляли также амплитуду колебаний КПО в сутки. Так как фоновая станция начала функционировать с апреля 2010 г., базы данных были сформированы за астрономический год с апреля 2010 по март включительно 2011 г.

Измерения КПО на СФЭМ проводили оптическим методом с помощью автоматического газоанализатора АРОА 370 (HORIBA). Пробы отбирали с использованием фторопластовых трубок на высоте 2 м от поверхности земли. Использование фторопласта при отборе проб воздуха существенно снижает погрешности измерений, вызванные адсорбцией озона на внутренней поверхности воздухозаборных устройств. Данные непрерывной регистрации озона усреднялись за часовой интервал наблюдений с сохранением информации в регистраторе – I/O – EXPANDER (HORIBA). Калибровку газоанализатора проводили один раз в две недели с помощью генератора АРМС-370; прибор проходил ежегодную поверку во ВНИИМ им. Д. И. Менделеева в Санкт-Петербурге.

Усредненные за час данные о КПО использовали для расчетов среднесуточной, среднемесячной и сезонной характеристик озона, а также для анализа озоновых эпизодов – случаев увеличения КПО до критических значений за указанный период.

Для выявления эффектов влияния КПО использовали непараметрический корреляционный анализ по Спирмену в программном пакете Statistica 10. Как статистически значимые рассматривались коэффициенты корреляции r_s при уровне значимости $p \leq 0,05$. Кроме этого, учитывая эпидемиологический, а не экспери-

ментальный характер исследования, принимали во внимание в качестве тенденции результаты при $0,05 < r_s < 0,10$.

Результаты. Общее количество вызовов скорой помощи жителями Ялты, больными БА, составило 471 случай за астрономический год. При этом имели место относительно незначительные колебания количества вызовов в разные сезоны года, более выраженные в весенний период (рис. 1).

Колебания среднечасовых концентраций озона по месяцам с апреля 2010 по март 2011 г. включительно характеризовались сходной динамикой в разные месяцы: низкими значениями в ночные часы и более высокими – в дневные. При этом более низкие уровни КПО регистрировались в зимний период, а более высокие – в летние месяцы, а также в сентябре и, неожиданно, – в марте 2011 г. (см. рис. 2). Тем не менее на протяжении всех сезонов года имело место превышение среднесуточной ПДК, которая в Российской Федерации составляет 30 мкг/м^3 .

Ни визуальное сопоставление динамики количества вызовов скорой помощи с изменениями концентрации озона (рис. 3, 4), ни результаты корреляционного анализа не показали совпадения сравниваемых параметров и не выявили значимых зависимостей интенсивности вызовов скорой помощи от ежесуточных изменений КПО, за исключением единственной

обратной связи в ноябре, когда коэффициент корреляции r_s составил $-0,37$, при $p = 0,046$, а среднесуточная КПО – 60 мкг/м^3 , при амплитуде колебаний 38 мкг/м^3 .

При этом на пике увеличения параметров КПО и особенно амплитуды 8–9 ноября вызовы скорой помощи отсутствовали (рис. 5). Второй максимум амплитуды (76 мкг/м^3) пришелся на 25 ноября, когда вызовы отсутствовали, однако перед этим, 24 ноября, отмечено их максимальное в этом месяце количество. Правда, такой же максимум вызовов имел место и 28 ноября, но интерпретировать этот подъем в связи с КПО не представляется возможным.

Следует отметить, что аналогичная зависимость на уровне тенденции выявлена для другого осеннего месяца – сентября, когда $r_s = -0,35$, при $p = 0,07$. Среднее значение амплитуды колебаний КПО за месяц составило 43 мкг/м^3 , а среднесуточная концентрация была 70 мкг/м^3 . В октябре такая корреляция отсутствовала при более низкой амплитуде (27 мкг/м^3) и среднесуточной (49 мкг/м^3) КПО.

В связи с этим обращает на себя внимание подъем КПО в течение 8–9 ноября, когда она была максимальной за месяц, трижды превышая допустимый для 8-часового воздействия уровень (рис. 5).

Тем не менее, и в другие месяцы (май–август) имели место многочасовые эпизоды превыше-

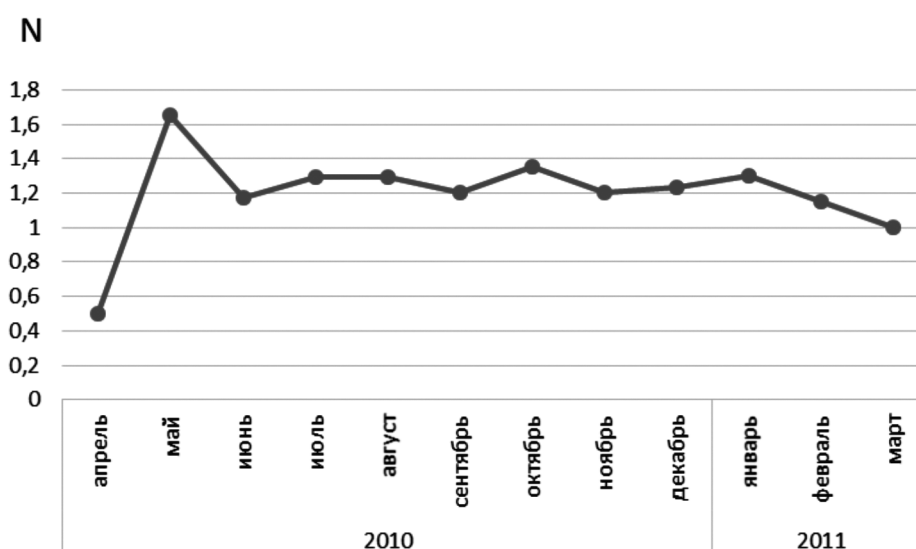


Рис. 1. Среднее количество вызовов скорой помощи больными бронхиальной астмой в месяц в течение астрономического года апрель 2010 – март 2011 г.

Fig. 1. Average number of ambulance calls per month during astronomical year from April 2010 to March 2011

ния этого уровня, однако корреляционный анализ не обнаружил значимых изменений количества тяжелых приступов БА в этот период. При этом в мае, когда наблюдали наибольшее, но в абсолютном отношении незначительное количество вызовов, амплитуда составляла всего 35 мкг/м³ при среднесуточном значении КПО 59 мкг/м³.

Поскольку вызовов скорой помощи в сутки было единицы, то для статистического анализа, предполагавшего большее количество наблю-

дений, были проанализированы среднемесячные и сезонные данные.

Таким образом, корреляционный анализ среднемесячных вызовов скорой помощи больными БА и характеристик КПО не выявил статистически значимых зависимостей (рис. 5, 6), а анализ данных по сезонам (весна, лето, осень, зима) обнаружил таковую на уровне тенденции только в осеннее время года для амплитуды колебаний КПО ($r_s = -0,17$; $p = 0,10$), что согласуется с ежесуточным анализом данных.

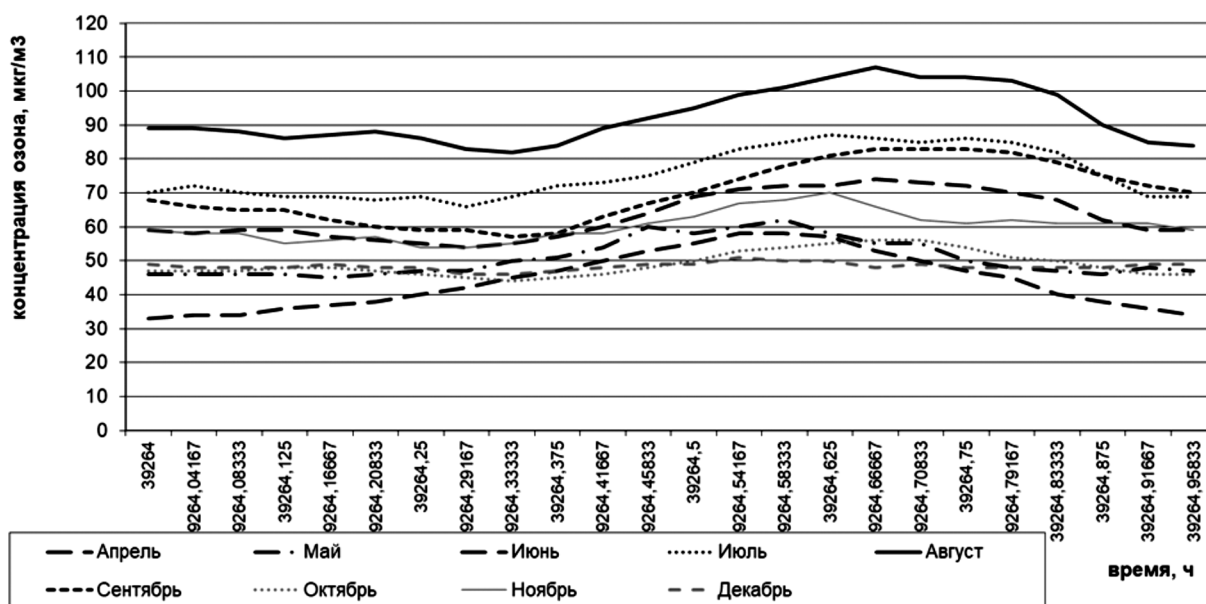


Рис. 2. Среднечасовые концентрации тропосферного озона в период с апреля 2010 по март 2011 г.
 Fig. 2. Average concentration of tropospheric ozone per hour from April 2010 to March 2011

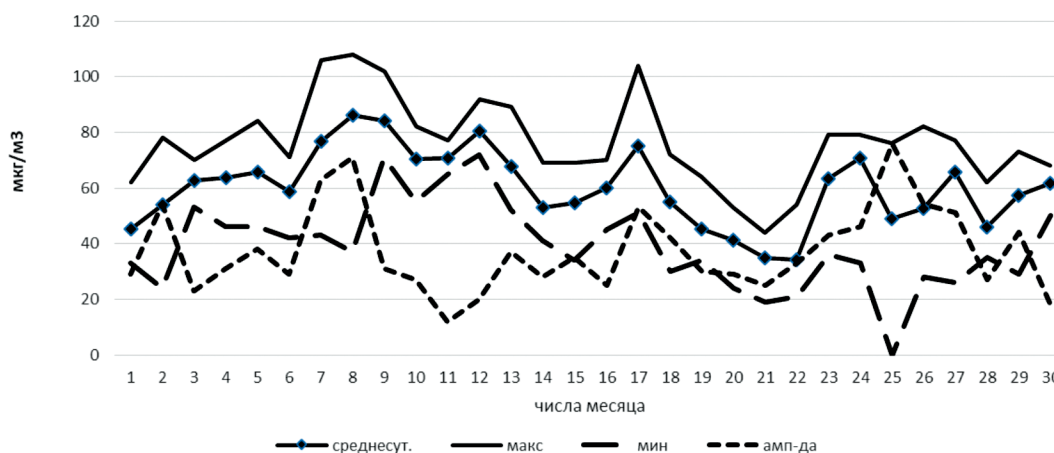


Рис. 3. Максимальные, минимальные, среднесуточные значения и амплитуда изменений концентрации приземного озона в ноябре 2010 г.
 Fig. 3. Maximum, minimum, average daily values and amplitude of changes of tropospheric ozone concentration in November 2010

Обсуждение. Поскольку среднесуточная ПДК озона в атмосферном воздухе в РФ составляет 30 мкг/м³, а максимальная разовая концентрация – 160 мкг/м³ [14], то среднесуточные значения на протяжении всего года были выше ПДК и в холодное, и особенно в теплое времена

года. При этом максимальные разовые концентрации не достигали ПДК. Однако, если сравнивать с допустимой среднечасовой концентрацией в течение 8 ч, которая составляет 100 мкг/м³, то превышение этого норматива наблюдали только в летние месяцы. Именно при таком воз-

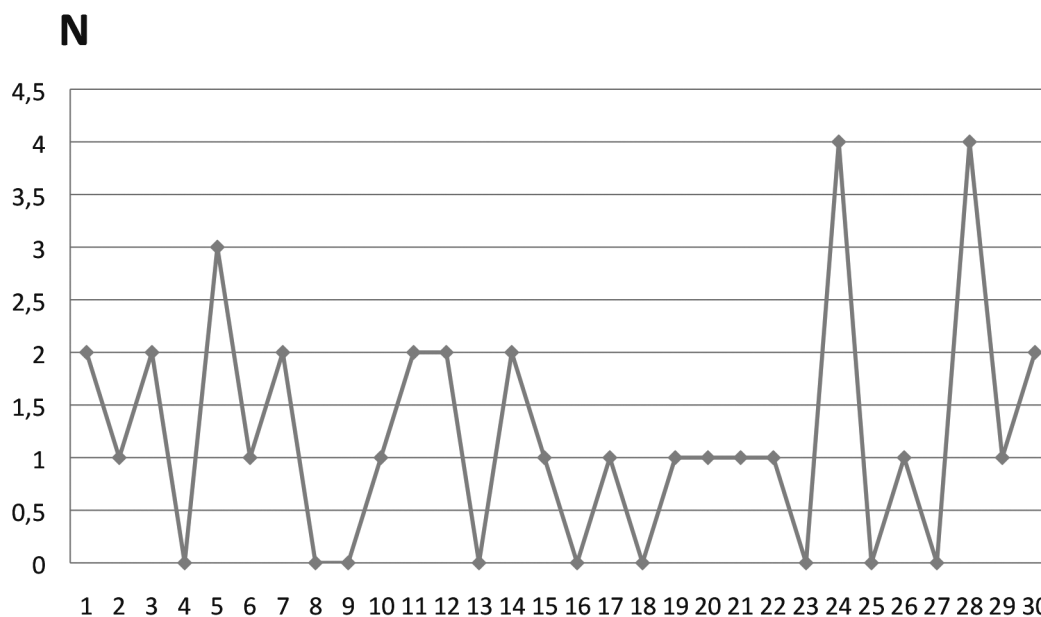


Рис. 4. Количество вызовов скорой помощи в день по причине неотложного состояния больных бронхиальной астмой в ноябре 2010 г.

Fig. 4. Number of ambulance calls due to the emergency condition of patients with bronchial asthma in November 2010

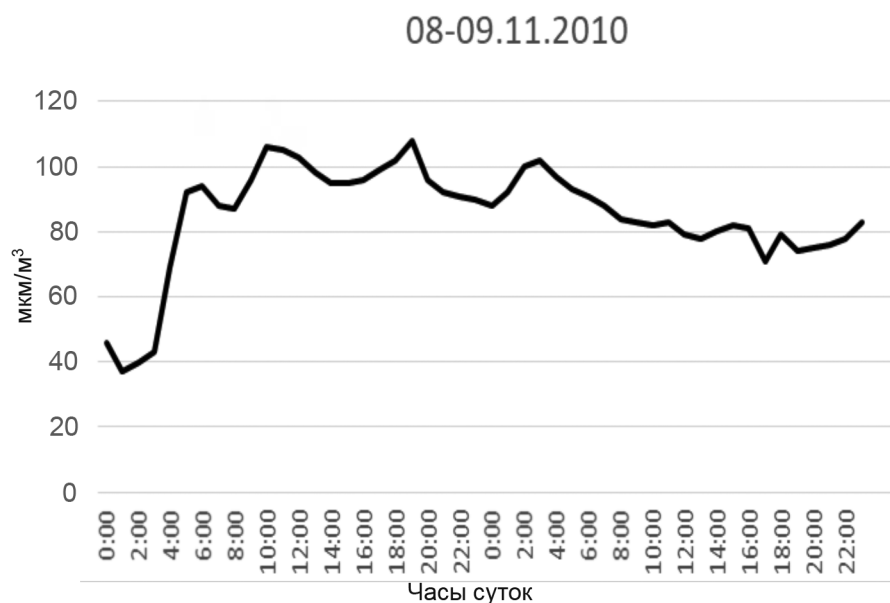


Рис. 5. Почасовые изменения концентрации тропосферного озона 8–9 ноября 2010 г.

Fig. 5. Hourly changes of tropospheric ozone concentration in November 8–9, 2010

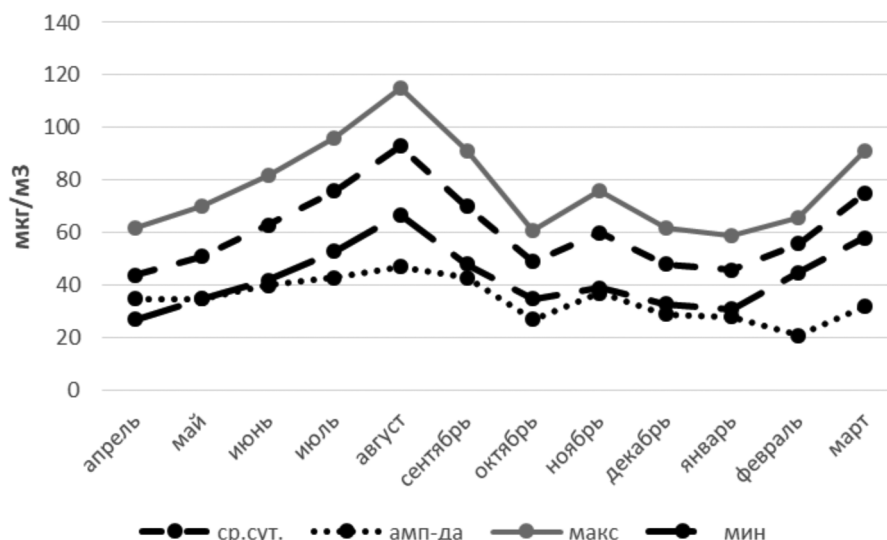


Рис. 6. Ежемесячные изменения концентраций приземного озона с апреля 2010 по март 2011 г.

Fig 6. Monthly changes of tropospheric ozone concentrations from April 2010 to March 2011

действию озон способен оказывать прямое раздражающее влияние на слизистую дыхательной системы [2, 15], но значимое увеличение приступов БА в этот период не наблюдалось. Более кратковременное превышение этой концентрации имело место и в ноябре, когда была выявлена слабая, но статистически значимая зависимость количества вызовов в результате КПО. Ее обратный характер в совокупности с визуальным анализом динамики КПО и количеством вызовов, приведенным выше, могут быть расценены как запаздывающая реакция организма на действие озона, что согласуется с данными литературы [16].

Действительно, трудно ожидать от организма мгновенной реакции на неэкстремальное повышение КПО, тем более, что непрерывный режим его воздействия, как известно, оказывает более значительное влияние, чем прерывистый [6]. Установлено, что на уровне или выше действующих нормативных стандартов с ежедневными колебаниями концентрации озона положительно связаны заболеваемость астмой и ежедневный уровень неслучайной смертности, а воздействие озона в концентрациях ниже действующих нормативных стандартов ассоциируется с повышенной смертностью от респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний и при краткосрочном, и при долгосрочном воздействиях. Кроме того, описаны патофизиологические механизмы, которые объясняют

эпидемиологическую связь между смертностью, заболеваемостью и уровнем озона. Они основываются на химическом и токсикологическом свойстве озона как сильного окислителя, способного вызывать окислительные повреждения клеток и слизистой оболочки дыхательных путей, а также иммунновоспалительных реакций внутри и за пределами легких [17]. Например, в Соединенных Штатах в 2016 г. 90 % случаев несоблюдения национальных стандартов качества атмосферного воздуха были связаны с озоном и только 10 % – с твердыми частицами и другими контролируруемыми загрязнителями.

В связи с этим отсутствие результатов, за исключением ноябрьских данных, позволяющих определенно говорить о существовании негативного эффекта повышенных КПО на состояние больных БА на ЮБК в течение астрономического года (апрель 2010 – март 2011 г.), может быть обусловлено рядом причин. В их числе сравнительно низкая информативность корреляционного анализа при рассмотрении ежесуточных данных в связи с запаздыванием эффекта. Это требует использования и других методов математического анализа. Они применяются в многочисленных зарубежных исследованиях [2] и, наряду с корреляционным анализом, позволяют определить лаг-фазу [16] и выявить скрытые при корреляционном анализе эффекты. Однако его использование на

начальном этапе исследований оправданно и является единственно возможным, поскольку математическая сущность метода дает основание говорить о наличии или отсутствии прямой или опосредованной связи именно с конкретным изучаемым фактором, каковым в настоящем исследовании является КПО.

Другая причина, возможно, связана с малым количеством тяжелых приступов БА, частота которых в разное время суток отличалась незначительно, при том, что анализу подлежала генеральная совокупность учитываемого контингента. При большем числе наблюдений, исчисляемых десятками случаев в сутки, в Симферополе такие статистически значимые зависимости были установлены в январе, апреле и июле 2017 г. [18].

Третья причина, вероятно, связана с тем, что степень влияния собственно озона, особенно его относительно невысоких концентраций, в значительной степени может быть опосредована другими природными (погодно-климатическими) и антропогенными факторами. Так, КПО в разные сезоны года имеет разное происхождение: весной максимум озона в основном объясняется процессами его вертикального переноса из верхних, обогащенных слоев атмосферы; в летний сезон, когда в результате фотохимических реакций на пике температуры и ультрафиолетового излучения отмечаются наиболее высокие значения КПО, значительный вклад при наличии в воздухе предшественников вносят антропогенные источники [14]. По-видимому, отсутствие в настоящем исследовании прогнозируемого в летние месяцы, в соответствии с многочисленными литературными сведениями [2], эффекта может быть обусловлено модифицирующим ответ организма действием других сезонных факторов, которые не были учтены при данном анализе, принимая во внимание его ретроспективный характер. Так, в результате математического анализа было подтверждено существование статистически значимой линейной корреляции между уровнем КПО в Крыму и такими характеристиками атмосферы как давление, температура и влажность, что указывает на их значительную роль в процессах, обуславливающих вариации КПО [19]. Это также может явиться причиной, «нейтрализующей» ожидаемый эффект влияния озона на дыхательную систему в теплое время года, поскольку при определенных погодных условиях

эти факторы могут играть более важную роль, в связи с чем корреляционной зависимости с озоном не обнаруживается. Тем более это справедливо в отношении пыльцы растений [20], с действием которой можно связать некоторое увеличение частоты приступов в мае 2010 г., при отсутствии связи с КПО, но не в ноябре, когда такая зависимость обнаруживалась.

Еще одной возможной причиной слабых и неоднозначных эффектов, выявленных в настоящем исследовании при сравнительно высоком уровне озона, может быть пространственная удаленность мониторинговой станции от Ялты, которая однако, на наш взгляд, не должна принципиально сказываться на результатах. Это обусловлено тем, что образование озона имеет преимущественно фундаментальный природный характер вследствие крупномасштабных процессов с небольшими локальными вариациями, и ход его изменений типовой. Выполненные ранее исследования природы образования и пространственного распределения приземного озона показывают, что такой озон регистрируется на широких пространствах [21]. В связи с этим его рассматривают как региональный и даже континентальный фактор [2]. Его природная локальная изменчивость чаще всего имеет место на предгорных территориях [22], так как в определенной степени обусловлена ландшафтом местности [23], или на значительно отличающихся в климатическом отношении территориях (север-юг). Антропогенная локальная изменчивость выражена в городской среде в связи с локальными источниками эмиссии. Роль последних проявляет себя в большей степени в теплое время года, но концентрация регионального озона остается доминирующей [2]. На приморских территориях КПО обнаруживает высокую однородность с тенденцией к возникновению опасных для здоровья озоновых эпизодов в зонах массового отдыха [22].

Сравнительный анализ данных, получаемых на городских, высокогорных и фоновых (к числу которых относится СФЭМ «Карадаг») мониторинговых станциях, показывает, что высокогорные демонстрируют более разнообразную временную динамику изменения КПО, но на всех городских и фоновых прослеживается однотипная сезонная изменчивость, в том числе на расстоянии более 100 км [23]. Таково расстояние между Ялтой и Крымской фоновой станцией.

Сам факт отсутствия значимого негативно-го влияния приземного озона, за исключением осеннего периода и со стороны не его уровней, а амплитуды изменений концентрации, может свидетельствовать о том, что в таком регионе как Крым и его Южный берег этот загрязнитель атмосферы не проявляет выраженного негативного влияния на инициацию приступов БА.

Необходимы дальнейшие исследования данных за другие годы как с разными уровнями КПО, так и с учетом метеопогодных факторов.

Заключение. Корреляционный анализ ежедневных, среднемесячных и сезонных данных по вызовам скорой помощи в связи с тяжелыми приступами БА и среднесуточных, максимальных, минимальных КПО в течение астрономического года (апрель 2010–март 2011) выявил однотипные по характеру зависимости от амплитуды изменений озона: слабую, но статистически значимую в ноябре и на уровне тенденции – в сентябре 2010 г. На данном этапе исследования это не дает достаточных оснований утверждать, что негативное влияние озона на состояние больных БА на территории ЮБК в этот период времени имело место при том, что его среднесуточные значения, как правило, были выше ПДК в течение всего периода на-

блюдения. Однако выполненные и обоснованные количественные оценки негативного влияния озона на организм человека, по данным зарубежных исследований, определенно свидетельствуют о значимости этого атмосферного загрязнителя и необходимости дальнейшего изучения проблемы посредством анализа долговременных наблюдений с учетом сопутствующих метеопогодных факторов ЮБК, способных существенно модифицировать ответ организма на КПО. Такой анализ ретроспективных и актуальных данных, в том числе по другим территориям полуострова, является предметом продолжающихся исследований, что позволит определить уровни озона в сочетании с другими метеопогодными условиями, безопасными для больных БА, как местных жителей, так и проходящих реабилитацию в условиях санаторно-курортных учреждений Крыма. Однако данные настоящего исследования, полученные на начальном этапе изучения проблемы, при полном отсутствии подобных исследований в Российской Федерации и в особенности в таком регионе, как Крым, представляет интерес и заслуживает внимания.

Благодарности: Работа выполнена в рамках договора о сотрудничестве № 2 от 13.04.2023, и темы Гос. задания (№121032300023-7)

Сведения об авторах:

Евстафьева Елена Владимировна – доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела пульмонологии ГБУЗРК «Академический НИИ физических методов лечения, медицинской климатологии и реабилитации им. И.М. Сеченова». 298603, Республика Крым, г. Ялта, ул. Мужина 10/3, ORCID 0000-0002-8331-4149; e-mail: e.evstafeva@mail.ru

Лапченко Владимир Александрович – научный сотрудник отдела Изучения биоразнообразия и экологического мониторинга, Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН, филиал ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН». 298188, пгт. Курортное, ул. Науки, 24, ORCID 0000-0002-6441-710X; e-mail: ozon.karadag@gmail.com

Дудченко Лейла Шамилевна – доктор медицинских наук, заведующая научно-исследовательским отделом пульмонологии ГБУЗРК «Академический НИИ физических методов лечения, медицинской климатологии и реабилитации им. И.М. Сеченова», 298603, Российская Федерация, Республика Крым, г. Ялта, ул. Мужина 10/3, ORCID 0000-0002-1506-4758; e-mail: vistur@mail.ru

Беляева Светлана Николаевна – кандидат медицинских наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела пульмонологии ГБУЗРК «Академический НИИ физических методов лечения, медицинской климатологии и реабилитации им. И.М. Сеченова». 298603, Республика Крым, г. Ялта, ул. Мужина 10/3, ORCID 0000-0002-6161-6058; e-mail: belyaeva-sveta@mail.ru

Information about the authors:

Elena V. Evstafeva – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Leading researcher of the Department of Pulmonology of GBUZRK “I.M. Sechenov Academic Research Institute of Physical Methods of Treatment, Medical Climatology and Rehabilitation”. Mukhina str. 10/3, Yalta, Republic of Crimea, 298603; ORCID 0000-0002-8331-4149; e-mail: e.evstafeva@mail.ru

Vladimir A. Lapchenko – Researcher at the Department of Biodiversity and Environmental Monitoring, Karadag Scientific Station named after T.I. Vyazemsky - Nature Reserve of the Russian Academy of Sciences, branch of the Institute of Biology of the South Seas named after A.O. Kovalevsky of the Russian Academy of Sciences. 298188 village. Kurortnoye, 24 Nauki str., orcid 0000-0002-6441-710X; e-mail : ozon.karadag@gmail.com

Leila Sh. Dudchenko – Dr. of Sci. (Med.), Head of the Scientific Research Department of Pulmonology GBUZRK “Academic Research Institute of Physical Methods of Treatment, Medical Climatology and Rehabilitation named after I.M. Sechenov”, 298603, Russian Federation, Republic of Crimea, Yalta, Mukhina str. 10/3, ORCID 0000-0002-1506-4758; e-mail: vistur@mail.ru

Svetlana N. Belyaeva – Cand. of Sci. (Med.), associate professor, Senior Researcher at the Scientific Research Department of Pulmonology at the I.M. Sechenov Academic Research Institute of Physical Methods of Treatment, Medical Climatology and Rehabilitation. 10/3 Mukhina str., Yalta, Republic of Crimea, 298603, ORCID 0000-0002-6161-6058; e-mail: belyaeva-sveta@mail.ru

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом. Вклад в концепцию и план исследования — Е.В. Евстафьева, Вклад в сбор данных — С.Н. Беляева, В.А. Лапченко. Вклад в анализ данных и выводы — Е.В. Евстафьева, Л.Ш. Дудченко. Вклад в подготовку рукописи — Е.В. Евстафьева, Л.Ш. Дудченко.

Author contribution. All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

Special contribution: EVE contribution to the concept and plan of the study. SNB, VAL contribution to data collection. EVE, LShD contribution to data analysis and conclusions. EVE, LShD contribution to the preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 15.03.2023

Принята к печати/Accepted: 01.12.2023

Опубликована/Published: 20.12.2023

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. The European environment. State and outlook 2010. Synthesis. Copenhagen: European Environment Agency, 2010. 228 p.
2. Amann M., Derwent D., Forsberg B., et al. *Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution*. WHO Regional Office for Europe. DK02100 Copenhagen, Denmark, 2008, 94 p.
3. Confalonieri M., Salton F., Fabiano F. Acute respiratory distress syndrome. *Eur Respir Rev.* 2017, Vol. 144, № 26, pp. 160116. doi: 10.1183/16000617.0116-2016.
4. Zhang J., Wei Y., Fang Zh. Ozone Pollution: A Major Health Hazard Worldwide. *Front Immunol.* 2019, № 10, pp. 2518. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6834528/>
5. Fruhmann G. Ozone and bronchial asthma. *Dtsch Med Wochenschr.* 1992, Vol. 117, №23, pp. 925-992
6. Филов В.А. *Вредные химические вещества. Неорганические соединения Y-YII групп*. Л.: Химия. 1989. 592 с. [Filov V.A. *Harmful chemicals. Inorganic compounds of Y-YII groups*. Leningrad: Chemistry, 1989, 592 p. (In Russ.)].
7. Niu Y., Yang T., Gu X., et al. Long-Term Ozone Exposure and Small Airway Dysfunction: The China Pulmonary Health (CPH) Study. *Am J Respir Crit Care Med.* 2022, Vol. 205, № 4, pp. 450-458. doi: 10.1164/rccm.202107-15990C.
8. Tzivian L. Outdoor air pollution and asthma in children. *J Asthma*, 2011, Vol. 48, № 5, 470-481. doi: 10.3109/02770903.2011.570407.
9. Khatri S. B., Holguin F. C., Ryan P. B., Mannino D., Erzurum S. C., Teague W. G. Association of ambient ozone exposure with airway inflammation and allergy in adults with asthma. *J Asthma*. 2009, Vol. 46, № 8, 777-785.
10. Paulin L. M., Gassett A. J., Alexis N. E., et al. Association of Long-term Ambient Ozone Exposure With Respiratory Morbidity in Smokers. *JAMA Intern Med.* 2020, Vol. 180, № 1, 106-115. doi: 10.1001/jamainternmed.2019.5498.
11. Koenig J. Q. Effect of ozone on respiratory responses in subjects with asthma. *Environ Health Perspect.* 1995, Vol. 103, Suppl 2, pp. 103-105.
12. Котельников С. Н., Степанов Е. В. Влияние приземного озона на здоровье населения. *Тр. Ин-та общей физики им. А. М. Прохорова*. 2015. Т. 71. С. 72-94 [Kotelnikov S. N., Stepanov E. V. Influence of ground-level ozone on public health. *Proceedings of the A. M. Prokhorov Institute of General Physics*. 2015, Vol. 71, pp. 72-94 (In Russ.)].
13. Rosser F., Balmes J. Ozone and childhood respiratory health: A primer for US pediatric providers and a call for a more protective standard. *Pediatr. Pulmonol.* 2023, Vol. 58, № 5, pp. 1355-1366. doi: 10.1002/ppul.26368.
14. Белан В. Д. *Озон в тропосфере*. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы им. В. Е. Зуева. СО РАН. 2010. 418 с. [Belan V. D. *Ozone in the troposphere*. Tomsk: Publishing House of the Institute of Atmospheric Optics named after V.E. Zuev. SO RAN. 2010, 418 p. (In Russ.)].
15. Hollingsworth J. W., Kleeberger S. R., Foster W. M. Ozone and pulmonary innate immunity. *Proc. Am. Torac. Soc.* 2007, № 4, pp. 240-246.
16. Liang S., Sun C., Liu C., et al. The Influence of Air Pollutants and Meteorological Conditions on the Hospitalization for Respiratory Diseases in Shenzhen City, China. *Int J Environ Res Public Health.* 2021, Vol. 18, № 10, pp. 5120. DOI: 10.3390/ijerph18105120.
17. Junfeng (Jim) Zhang, Yongjie Wei, Zhangfu Fang. Ozone Pollution: A Major Health Hazard Worldwide. *Front Immunol.* 2019 № 10, pp. 2518. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6834528/>
18. Евстафьева Е. В., Лапченко В. А., Макарова А. С. и др. Оценка динамики концентрации приземного озона и метеорологических факторов как факторов риска возникновения неотложных состояний здоровья населения. *Химическая физика*. 2019. Т. 38, № 11. С. 1-10. [Evstafeva E. V., Lapchenko V. A., Makarova A. S., et al. Evaluation of the dynamics

- of the concentration of ground-level ozone and meteorological factors as risk factors for the occurrence of urgent health conditions of the population. *Chemical Physics*. 2019, Vol. 38, No. 11, p. 1–10 (In Russ.).
19. Звягинцев А. М., Кузнецова И. Н., Шалыгина И. Ю. и др. Исследования и мониторинг приземного озона в России. *Труды Гидрометцентра России*. 2017, вып.265, С. 56–70. [Zvyagintsev A. M., Kuznetsova I. N., Shalygina I. Yu., et al. Research and monitoring of ground-level ozone in Russia. *Proceedings of the Hydrometeorological Center of Russia*. 2017. Issue 265, pp. 56–70 (In Russ.).]
 20. Ненашева Н. М. *Бронхиальная астма. Современный взгляд на проблему*. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2018. 304 с. [Nenasheva N. M. *Bronchial asthma. Modern view of the problem*. Moscow: GEOTAR-Media. 2018, 304 p. (In Russ.).]
 21. Gong C., Liao H., Zhang L., et al. Persistent ozone pollution episodes in North China exacerbated by regional transport. *Pt. A. Environ. Pollut.* 2020, Vol. 265, pp. 115056. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115056.
 22. Kobza J., Geremek M., Dul L. Ozone Concentration Levels in Urban Environments-Upper Silesia Region Case Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021, Vol. 18, № 4, pp. 1473. doi: 10.3390/ijerph18041473. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33557260/>.
 23. Luts A., Kaasik M., Hõrrak U., et al. Links between the concentrations of gaseous pollutants measured in different regions of Estonia. *Air Quality, Atmosphere & Health*. 2023, Vol. 16, pp. 25–36. <https://doi.org/10.1007/s11869-022-01261-5>