

Влияние окружающей среды на распространенность аллергии

Е. В. Назарова*

Изменения условий окружающей среды оказывают колоссальное влияние на здоровье человека, особенно те, которые наблюдаются в последние десятилетия. Отмечается резкое увеличение распространенности аллергических заболеваний по всему миру, особенно эта тенденция просматривается в развитых странах, в крупных городах. Огромное внимание уделяется изучению влияния факторов изменяющейся окружающей среды на развитие и распространенность аллергопатологии. Глобальное потепление, загрязненный воздух, экстремальные явления погоды — все эти факторы способствуют увеличению распространенности аллергии.

Ключевые слова: климат, аллергия, глобальное потепление, загрязняющие вещества, грозовая астма, аллергия на пыльцу, астма, воспаление, ринит, урбанизация.

DOI: 10.52002/0130-2906-2024-2-48-58

Введение

Окружающая среда оказывает огромное влияние на организм человека. Это вызывает необходимость детального изучения особенностей воздействия природы и климата на здоровье населения, что может способствовать предупреждению возникновения новых болезней цивилизации и распространения уже имеющихся. Особое место среди них занимают заболевания, обусловленные дисфункциями иммунной системы, в частности аллергопатологии.

Согласно прогнозу Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) к 2025 г. более половины населения Земли будут иметь различные аллергические заболевания (АЗ). Сохраняющиеся рост и скорость распространения иммунных дисфункций (в конце XX в. ими страдала только четверть населения планеты) заставляют рассматривать АЗ как глобальную проблему общественного здравоохранения.

Эксперты ВОЗ по аллергии констатируют следующие факты [47].

1. Структура аллергии усложняется: увеличивается число случаев сенсibilизации к двум и более аллергенам, чаще диагностируются полиорганные поражения (симптомы со стороны нескольких органов, например ринит и астма), что наряду с высокой заболеваемостью повышает нагрузку на службы здравоохранения.

* Государственный научный центр “Институт иммунологии” Федерального медико-биологического агентства; e-mail: evallergo@yandex.ru (Назарова Евгения Валерьевна).

2. Из-за продолжающегося загрязнения воздуха и глобального потепления возникают изменения в экосистемах: перестраиваются видовой состав и численность насекомых, изменяются разнообразие и концентрация пыльцы, спор плесневых грибов в воздухе и т. д., что приводит к росту масштабов АЗ.

3. Несистемная и краткосрочная борьба с АЗ во многих странах влечет повышение заболеваемости и смертности и, следовательно, приводит к значительным финансовым затратам и ухудшению качества жизни населения.

Таким образом, несмотря на значительные достижения в понимании механизмов возникновения АЗ, разработку современных способов их лечения и профилактики, аллергия по-прежнему остается серьезной медико-социальной проблемой. Аллергопатология сложно поддается контролю еще и потому, что аллергия — гетерогенное заболевание, обусловленное как генетической предрасположенностью, так и влиянием окружающей среды. То есть АЗ, и в частности бронхиальная астма, — результат взаимодействия внешних средовых факторов с иммунной системой. Особую роль в развитии этих заболеваний играют новые аллергены, нарушение микроэкологии внутри и вне жилых помещений, стрессы, изменения климата и другие факторы окружающей среды.

Глобальное потепление

Не остается сомнений в том, что климат на Земле изменяется. Ученые давно наблюдают уменьшение снежного покрова в Северном полушарии в зимний сезон и повышение уровня моря вследствие увеличения температуры океанов, таяния ледников и стремительного сокращения их площади в обоих полярных регионах.

Потепление климата в основном связано с увеличением в атмосфере Земли концентрации парниковых газов, которое привело к повышению температуры планеты на 0,17 °C за 10 лет. Беспокоит, что на территории России глобальное потепление происходит быстрее, чем в среднем по земному шару. По данным Росгидромета [1], темпы повышения температуры составляют в России в среднем 0,45 °C за 10 лет, особенно быстро потепление происходит в Арктике — на 0,8 °C за 10 лет.

Повышение температуры и другие изменения климата Земли влияют на ее экосистемы и приводят к закономерным сдвигам в видовом разнообразии и численности популяций различных видов растений, в том числе относящихся к аллергенным [19]. Так, было подтверждено, что береза, полынь, крапива, злаки и японский кедр в последнее время начинают сезон пыления раньше, чем обычно, и продолжают его дольше [18]. Кроме того, есть мнение, что у деревьев, растущих при повышенных температурах, аллергенность пыльцы значительно возрастает.

Концентрация растительной пыльцы и других аллергенов в воздухе во многом зависит от количества осадков, температуры, влажности, скорости и направления ветра. Таким образом, условия погоды могут косвенно влиять на возникновение бронхиальной астмы, аллергического ринита, аллергического конъюнктивита и атопического дерматита [14, 40].

Мировые тенденции изменения динамики пыления согласуются с данными анализа 30-летнего пыльцевого мониторинга в Московском регионе.

Исследование показало: начало пыления в Москве сдвинулось на более ранние даты, а его окончание — на более поздние, поэтому в итоге продолжительность сезона пыления увеличилась до 139 дней (больше прежних показателей на 1,04 дня в год ($p = 0,036$)). Кроме того, отмечается значимый рост интенсивности пыления, и в первую очередь за счет деревьев. По данным исследования, суммарная концентрация пыльцы за сезон увеличилась на 7,7% [44].

Грозы и эпидемии аллергической астмы

Глобальное потепление привело к учащению экстремальных явлений погоды. Штормы, грозы, ураганы, засухи и другие природные катаклизмы также оказывают влияние на распространенность АЗ.

Во время грозы под действием электромагнитной активности и высокой влажности пыльца фрагментируется ($<5 \mu\text{m}$) и поднимается над поверхностью земли. Уменьшенные пыльцевые частицы создают в атмосфере биологические аэрозоли, способные проникать глубоко в дистальные отделы дыхательной системы [28]. Таким образом возникают предпосылки для развития тяжелых обострений бронхиальной астмы у пациентов с аллергией на пыльцу [30, 31, 46], в том числе требующих лечения в отделениях неотложной помощи [25].

Ряд исследований продемонстрировал зависимость возникновения обострений аллергической астмы от наличия гроз во время сезона пыльцы [30, 35, 45, 46]. Одно из первых подобных наблюдений [35] было сделано в больнице Бирмингема 6 и 7 июля 1983 г. Был отмечен выраженный рост числа пациентов, поступивших в отделение неотложной помощи в период грозы: за 36 ч было госпитализировано 26 пациентов с обострением астмы, в то время как обычный показатель для этого отделения составлял порядка 2—3 госпитализаций в день.

Таким образом, информация о влиянии условий погоды, грозы в частности, на течение АЗ должна быть как у врачей, так и у лиц с аллергией на пыльцу. Увеличение частоты гроз в некоторых регионах Земли, вызванное изменением климата, повышает их значимость как потенциального фактора риска обострения бронхиальной астмы, что требует разработки профилактических мер для населения [21, 37].

Плесень, влажность, сырость в помещениях

Существуют доказательства влияния влажности помещений на выраженность респираторных симптомов и астмы [22]. Так, излишняя сырость может не только усугубить течение существующих заболеваний дыхательной системы, но и спровоцировать новые проблемы, вплоть до астмы [32].

Вследствие изменения климата увеличивается повторяемость штормов и сильных дождей, которые влияют на повышение уровня моря и рост частоты и продолжительности наводнений. Эти факторы приводят к увеличению доли жилья (преимущественно в речных долинах и прибрежных зонах), владельцы которого сталкиваются с проблемой сырости. Ситуацию может усугубить недостаточное отопление из-за высоких затрат на топливо и энергию, что вызывает образование конденсата в помещениях и способствует росту плесневых грибов и повышению концентрации их спор в

воздухе. Учитывая высокую аллергенность плесени, сырость помещений увеличивает риск развития АЗ и астмы [14].

Данная проблема отмечается и в России. В последние годы растут количество и интенсивность наводнений, а вместе с ними — число домохозяйств с повышенной сыростью. Таким образом, следует ожидать и увеличения числа пациентов с грибковой сенсibilизацией в этих регионах.

В работе [22] проанализирована взаимосвязь качества здоровья, респираторных симптомов, выраженности астмы и влажности дома. Отмечено отрицательное влияние сырости на здоровье новорожденных [33], детей [4] и взрослых [50], причем степень влияния тем больше, чем выше влажность [22].

Авторы работы [26] обратили внимание на более раннее начало выделения спор атмосферной плесени (на 2—4 недели) и увеличение их количества после явления Эль-Ниньо. Авторы работы [20] с 1970 по 1998 г. проводили мониторинг концентрации спор гриба *Alternaria* в Дерби (Великобритания) и определили, что количество споровых частиц увеличивается с повышением температуры. В работе [46] показано, что грибок *Alternaria alternata*, выращенный при разных уровнях содержания диоксида углерода (CO_2) в воздухе, производит разное количество спор и антигенного белка. Причем при высоких концентрациях CO_2 грибок образовывал почти в 3 раза больше спор и более чем в 2 раза больше антигенного белка. Авторы сделали вывод о влиянии изменения условий окружающей среды на концентрацию спор плесневых грибов в атмосферном воздухе, что потенциально увеличивает риск развития аллергии и астмы.

Несмотря на то что есть доказательства влияния изменений климата на распространенность и выраженность сырости в помещениях и атмосферном воздухе, этому фактору уделяется недостаточное внимание. Тем не менее считается, что изменение климата может способствовать усилению воздействия сырости на здоровье человека.

Лесные пожары и астма

Лесные пожары — бедствие, наблюдающееся во многих регионах земного шара. Их возникновение зависит от условий погоды и провоцируется засухой, жарой и ветреной погодой. Многие ученые связывают увеличение частоты и сложности лесных пожаров с глобальным потеплением [47].

Ежегодно в Европе возникает в среднем 70 000 лесных пожаров. Чаше других от этого природного катаклизма страдают страны с теплым климатом: Португалия, Греция и Франция (Корсика). В последние 15 лет серьезные лесные пожары в Чили [11], Австралии [34] и Калифорнии [17] привели к разрушительным последствиям.

В работе [27] приведены результаты обследования десяти добровольцев, оказавшихся в зоне лесного пожара. У них обнаружены увеличение количества лейкоцитов в крови и их активная миграция в легкие, что подтверждено микроскопией бронхоальвеолярного лаважа. Авторы [27] предположили, что системное и легочное воспаление может быть вызвано частицами древесного дыма.

В работе [38] отмечено, что после возгорания торфяника в округе Каролина среди населения, проживающего в зоне пожара, наблюдалось уве-

личение заболеваемости бронхиальной астмой, хронической обструктивной болезнью легких, пневмонией и острым бронхитом по сравнению с популяцией, не контактировавшей с дымом. Также были сообщения, что вдыхание продуктов горения лесных пожаров приводило к обострению ряда заболеваний дыхательной системы, в том числе астмы.

В условиях роста количества лесных пожаров работники медицинской сферы должны понимать связанные с этим риски для здоровья, учиться распознавать их и профилактировать.

Загрязнение воздуха

Под загрязнением воздуха понимают изменение его качества за счет естественных или антропогенных выбросов химических и (или) биологических веществ. В результате экономического и промышленного развития в последние десятилетия произошло небывалое увеличение содержания загрязняющих воздух выбросов, поэтому качество воздуха является серьезной мировой проблемой.

Минприроды России в проекте доклада “О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 г.” опубликовало перечень городов с наиболее загрязненным воздухом. Текст проекта размещен на сайте ведомства и вынесен на общественное обсуждение (<http://www.mnr.gov.ru/>). В список вошли города Ангарск, Абакан, Братск, Свирск, Зима, Барнаул, Иркутск, Искитим, Красноярск, Кызыл, Лесосибирск, Минусинск, Усолье-Сибирское, Новокузнецк, Норильск, Чита, Петровск-Забайкальский, Селенгинск, Черногорск, Улан-Удэ, Черемхово, Шелехов. В большинстве перечисленных городов расположены крупные промышленные предприятия, и под воздействием таких неблагоприятных факторов находится около 5,1 млн жителей.

Однако необходимо принимать во внимание и естественные источники загрязнения воздуха. Ими могут стать песок пустыни, морская соль, лесные пожары и вулканический пепел, пыльца, споры растений и грибов — природные явления, которые становятся источником твердых взвешенных частиц в атмосфере.

Важно понимать, что каждый из факторов окружающей среды не действует на человека по отдельности. Известны десятки тысяч веществ, загрязняющих воздух и усиливающих влияние других соединений на организм людей. Кроме того, пагубное действие загрязняющих веществ могут усиливать условия погоды и особенности климата (температура, ветер, грозы и т. д.).

Загрязнение воздуха и воспаление

Эпителиальные клетки слизистых оболочек дыхательных путей формируют первую линию врожденной защиты от ингаляционных повреждений. Они играют важную роль в индуцировании процессов, лежащих в основе ответной воспалительной реакции на воздействие веществ, загрязняющих воздух.

Исследования озона, диоксида азота (NO₂) и частиц дизельных выхлопов показали, что эти загрязняющие вещества увеличивают проницае-

мость эпителиального барьера человеческих бронхов и нарушают мукоцилиарный клиренс через подавление биения ресничек [9, 24]. В результате ухудшаются процессы самоочищения дыхательных путей от аллергенов, патогенных микроорганизмов и раздражителей и создаются условия для облегчения проникновения этих агентов в подслизистую оболочку, где они могут воздействовать на гладкую мускулатуру бронхов и бронхиол, а также изменять активность фибробластов, тучных клеток, эозинофилов, лимфоцитов и нейтрофилов, создавая провоспалительный фон [8—10, 23].

Исследования *in vitro* демонстрируют, что вещества, загрязняющие воздух, вызывают различные воспалительные изменения в тканях респираторного тракта. В нескольких работах, изучающих влияние озона на дыхательную систему, описана его способность провоцировать высвобождение различных медиаторов воспаления, которые запускают весь каскад аллергических реакций [6, 10, 24, 41].

Еще одно загрязняющее воздух вещество — диоксид азота (NO_2). В ряде работ показана его способность индуцировать высвобождение провоспалительных медиаторов, из-за которых появляется воспаление эпителия дыхательных путей, увеличиваются проницаемость и восприимчивость к аллергенам [8, 25].

Аналогично NO_2 , частицы дизельных выхлопов активируют высвобождение различных медиаторов воспаления первичными эпителиальными клетками бронхов человека [6, 8]. Это приводит к индукции синтеза иммуноглобулинов класса E (IgE), чем можно объяснить повышенную чувствительность к распространенным аллергенам, вызванную воздействием этих частиц [23].

Кроме того, в работе [43] выявлено, что частицы дизельных выхлопов способны повышать антигенпрезентирующую функцию эпителиальных клеток дыхательных путей, в результате чего наблюдается значительное усиление воспалительной реакции при одновременном воздействии антигена клеща у пациентов с сенсибилизацией к клещам домашней пыли.

Существуют группы риска, более подверженные влиянию загрязненного воздуха, например дети, так как их легкие и иммунная система находятся в процессе развития и не способны эффективно противостоять пагубным факторам окружающей среды. Кроме того, дети дольше находятся на улице и имеют большую частоту дыхания. В результате дозы загрязняющих веществ, полученных ими, оказываются больше. Следует отметить, что дети, страдающие астмой, более восприимчивы к загрязнению из-за воспаления и гиперреактивности дыхательных путей.

Пожилые люди — еще одна категория населения с высоким риском негативных последствий воздействия атмосферного загрязнения на здоровье [5].

Загрязнение воздуха и аллергия на пыльцу

Влияние климата на уровень загрязнения воздуха многогранно и может осуществляться следующими путями:

изменения погоды (скорость и направление ветра, количество осадков, повышение температуры, грозы) оказывают воздействие на концентрацию естественных загрязняющих веществ (песка, пыльцы, частиц поч-

вы и т. д.), а также на интенсивность антропогенных выбросов (например, из-за увеличения использования энергии для обогрева или охлаждения помещений, активности пользования автотранспортом и т. д.);

усиление эффекта островов городского тепла может увеличить содержание некоторых вторичных загрязняющих веществ (например, озона), что косвенно способствует попаданию в воздух природных компонентов, загрязняющих воздух (в результате эрозии почвы и лесных пожаров) [3].

Как уже выяснилось, загрязнение окружающей среды способствует распространению АЗ. Это осуществляется через два основных механизма. Во-первых, повышенное загрязнение воздуха подразумевает содержание большого количества различных веществ в атмосфере, т. е. на эпителий респираторного тракта одновременно оказывают воздействие множество различных загрязняющих веществ, в том числе и ряд тяжелых металлов и их соединений. Это может привести к повышению чувствительности к пыльце растений даже у тех людей, у кого нет изначальной предрасположенности к аллергии.

Во-вторых, человеческая деятельность косвенно способна повышать аллергенные свойства пыльцы. Поверхность пыльцевых зерен сорбирует различные химические вещества из воздуха. Также пыльца может изменять химический состав, накапливая токсичные соединения из загрязненных почв урбанизированных территорий. В настоящее время есть данные о содержании в пыльце тяжелых металлов (свинца, цинка, меди, никеля и др.), источниками которых являются главным образом промышленные предприятия и автотранспорт.

Так, при исследовании потенцирующего эффекта озона на аллергенность пыльцы березы установлено, что при высокой концентрации озона пыльца березы вызывает более выраженную положительную реакцию при постановке кожных аллергопроб [13].

В ходе эксперимента установлено, что на активность пыления амброзии влияет повышение температуры и увеличение содержания CO_2 в воздухе. Кроме того, в исследовании [49] продемонстрировано, что при возрастании концентрации CO_2 количество мажорного аллергена Amb1 в пыльце амброзии, а значит, и ее аллергенность увеличивается.

Таким образом, неверно отождествлять аллергенные свойства атмосферы исключительно с наличием или отсутствием в ней биологических загрязняющих компонентов (пыльцы, спор плесневых грибов и т. д.). Большое значение имеет техногенное загрязнение окружающей среды, что вызывает необходимость экологического мониторинга, особенно в крупных городах и мегаполисах [48].

Влияние урбанизации на развитие аллергопатологии

Непрерывные процессы урбанизации, сопровождающие население Земли в последние десятилетия, влияют на распространенность АЗ и, таким образом, на здоровье человека и общества в целом. Именно изменяющиеся вследствие деятельности человека факторы окружающей среды кажутся наиболее вероятной причиной роста заболеваемости бронхиальной астмой и других АЗ. Социально-экономическое благополучие, размер семьи, городское или сельское место жительства, инфекции, рацион и характер пи-

тания, ожирение, наркотики, воздействие табачного дыма и загрязнение воздуха также рассматриваются как провоцирующие факторы, приводящие к столь масштабной распространенности АЗ [36].

Бронхиальная астма и другие АЗ чаще встречаются в урбанизированных обществах, чем в сельских или развивающихся странах [12]. Так, авторы работы [39] считают, что распространенность астмы в высокоразвитых странах достигла пика или плато, но частота случаев заболевания продолжит увеличиваться на развивающихся территориях. Авторы работы [39] обобщили потенциальные факторы риска развития астмы, связанные с урбанизацией: снижение частоты инфекций респираторной системы, уменьшение размера семьи, увеличение охвата вакцинацией, активное использование антибиотиков, увеличение загрязнения окружающей среды и воздействие бытовых аллергенов, негативные изменения в рационе питания, образе жизни.

Экономическое бремя

Негативное влияние изменений климата на здоровье человека ведет к увеличению экономических затрат на лечение заболеваний.

Рост численности городского населения, непосредственное влияние загрязняющих веществ и тепловых волн на респираторную систему, усиление аллергенных свойств растений, увеличение продолжительности и интенсивности их пыления приводят к высокой заболеваемости бронхиальной астмой и другими АЗ, а также к утяжелению их течения. Закономерно увеличиваются расходы на оказание неотложной помощи, госпитализацию, диагностические мероприятия, работу медицинского персонала, закупки лекарственных препаратов и т. д. Кроме того, экономическое бремя усугубляют косвенные траты, связанные с отсутствием человека на работе, его инвалидизацией, потерей школьных дней и т. д. [2, 29, 42].

Очень показательное исследование было проведено в Южной Каролине (Риверсайд и Лонг-Бич), где оценили экономический ущерб, связанный с увеличением содержания озона, которое в период с 1996 до 2004 г. увеличилось с 29 до 57 млрд^{-1} . Параллельно с усилением загрязнения воздуха выросли заболеваемость астмой и частота ее обострений [16]. Авторы подсчитали косвенные и прямые затраты на медицинское обслуживание случаев заболевания, связанных с загрязнением воздуха, и пришли к выводу, что бюджет США ежегодно тратит на это 18 млн долл.

Что касается стран Европейского союза (ЕС), то в 2014 г. было опубликовано исследование [7], в котором проанализировано экономическое влияние окружающей среды на здоровье детей. Авторы изучили данные о медицинских затратах на лечение и диагностику заболеваний, вызванных воздействием неблагоприятных факторов среды, в 27 странах ЕС в 2008 г. Оказалось, что расходы государственных органов здравоохранения на лечение и предотвращение астмы составили 1,6 млрд долл.

В ближайшее время расходы на медицинское обслуживание больных астмой и другими АЗ будут расти. По предварительным оценкам работы [15], в ближайшем будущем ожидается 30%-ное увеличение стоимости лечения и диагностики АЗ, вызванных изменениями климата.

Заключение

Изменение климата влияет на безопасность среды обитания человека: на качество и количество питьевой воды и пищи, на чистоту воздуха, на комфортность жилья и т. д., что в совокупности определяет социальные и экологические составляющие здоровья населения. Так как аллергия — это гетерогенное заболевание с высокой долей влияния факторов окружающей среды, многие явления погоды, происходящие из-за изменения климата, оказывают непосредственное воздействие на частоту и тяжесть АЗ.

Глобальное потепление как основное проявление изменения климата уже затронуло множество социальных и биологических систем во всем мире. Увеличение количества и частоты экстремальных явлений погоды (грозы, наводнений, засух, лесных пожаров и т. д.), сокращение числа холодных дней в году, усиление естественной и антропогенной загрязненности воздуха привели к увеличению интенсивности пыления, распространению загрязняющих веществ на большие расстояния и усилению их аллергенных свойств. В результате увеличиваются распространенность и тяжесть различных АЗ, и в первую очередь — бронхиальной астмы.

Исследования влияния изменений климата на развитие и прогноз заболеваемости АЗ в России малочисленны, разрозненны и касаются отдельных эпидемиологических вопросов, спектра аллергенов или лечебных мероприятий. В то время как изменения климата продолжают влиять на здоровье всех групп населения, особенно детей и лиц, страдающих аллергическими заболеваниями, социально-экономическое бремя АЗ будет только нарастать.

В связи с вышеизложенным существует острая необходимость создания Государственной программы профилактики и лечения аллергии, включающей широкомасштабные эпидемиологические исследования (аналитическая эпидемиология); иммуногенетические исследования; разработку и усовершенствование аллерген-специфической иммунотерапии; создание новых высокоэффективных лекарственных средств; экологический и пылевой мониторинг; внедрение более интегрированного подхода к диагностике и лечению АЗ; развитие образовательных программ среди медицинских работников разных специальностей и пациентов; популяризацию профилактического подхода к контролю АЗ с акцентом на важности непрерывных исследований, касающихся как причин заболевания, так и его лечения.

Литература

1. **Оценочный доклад Росгидромета 2023 года;** <https://cc.voeikovmgo.ru/ru/publikatsii/doklady/14-dokumenty/1992-tretij-otsenochnyj-dokladrosgidrometa-ob-izmeneniyakh-klimata-i-ikh-posledstviyakh-na-territorii-rossijskoj-federatsii2022-g>.
2. **Accordini S. et al.** The cost of persistent asthma in Europe: An international population-based study in adults. — *Int. Arch. Allergy and Immunol.*, 2012, vol. 160, No. 1, pp. 93—101.
3. **Anderson H. R. et al.** Health Effects of Climate Change in the UK. Report for the UK Department of Health. — London, Expert Group on Climate Change and Health in the UK, 2001.
4. **Andriessen J. W., Brunekreef B., and Roemer W.** Home dampness and respiratory health status in European children. — *Clin. and Exp. Allergy*, 1998, vol. 28, No. 10, pp. 1191—1200.

5. **Annesi-Maesano I. et al.** Indoor air quality and sources in schools and related health effects. — *J. Toxicol. and Environ. Health, Part B*, 2013, vol. 16, No. 8, pp. 491—550.
6. **Bachoual R. et al.** Biological effects of particles from the Paris subway system. — *Chem. Res. Toxicol.*, 2007, vol. 20, No. 10, pp. 1426—1433.
7. **Bartlett E. S. and Trasande L.** Economic impacts of environmentally attributable childhood health outcomes in the European Union. — *Eur. J. Public Health*, 2014, vol. 24, No. 1, pp. 21—26.
8. **Bayram H. et al.** Effect of loratadine on nitrogen dioxide-induced changes in electrical resistance and release of inflammatory mediators from cultured human bronchial epithelial cells. — *J. Allergy and Clin. Immunol.*, 1999, vol. 104, No. 1, pp. 93—99.
9. **Bayram H. et al.** Effect of ozone and nitrogen dioxide on the permeability of bronchial epithelial cell cultures of non-asthmatic and asthmatic subjects. — *Clin. and Exp. Allergy*, 2002, vol. 32, No. 9, pp. 1285—1292.
10. **Bayram H. et al.** The effect of diesel exhaust particles on cell function and release of inflammatory mediators from human bronchial epithelial cells in vitro. — *Amer. J. Respiratory Cell and Molecular Biology*, 1998, vol. 18, No. 3, pp. 441—448.
11. **BBC News—In Pictures.** Chile Battles Wildfires. 2012; www.bbc.co.uk/news/world-latin-america-16406681.
12. **Beasley R.** Worldwide variation in prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and atopic eczema: ISAAC. — *The Lancet*, 1998, vol. 351, No. 9111, pp. 1225—1232.
13. **Beck I. et al.** High environmental ozone levels lead to enhanced allergenicity of birch pollen. — *PloS one*, 2013, vol. 8, No. 11, pp. e80147.
14. **Beggs P. J.** Adaptation to impacts of climate change on aeroallergens and allergic respiratory diseases. — *Int. J. Environ. Res. and Public Health*, 2010, vol. 7, No. 8, pp. 3006—3021.
15. **Bielory L., Lyons K., and Goldberg R.** Climate change and allergic disease. — *Current Allergy and Asthma Reports*, 2012, vol. 12, pp. 485—494.
16. **Brandt S. J. et al.** Costs of childhood asthma due to traffic-related pollution in two California communities. — *Eur. Respiratory J.*, 2012, vol. 40, No. 2, pp. 363—370.
17. **Californian Department of Forestry and Fire Protection;** <http://www.fire.ca.gov/index.php>.
18. **Cecchi L. et al.** Projections of the effects of climate change on allergic asthma: The contribution of aerobiology. — *Allergy*, 2010, vol. 65, No. 9, pp. 1073—1081.
19. **Cecchi L. et al.** The contribution of long-distance transport to the presence of Ambrosia pollen in central northern Italy. — *Aerobiologia*, 2007, vol. 23, pp. 145—151.
20. **Corden J. M. and Millington W. M.** The long-term trends and seasonal variation of the aeroallergen *Alternaria* in Derby, UK. — *Aerobiologia*, 2001, vol. 17, pp. 127—136.
21. **d'Amato G. et al.** Climate change, migration, and allergic respiratory diseases: An update for the allergist. — *World Allergy Organization J.*, 2011, vol. 4, pp. 121—125.
22. **Damp** Indoor Spaces and Health. — Washington, DC, The National Academy Press, 2004.
23. **Devalia J. L. et al.** Mechanisms of pollution-induced airway disease: In vitro studies in the upper and lower airways. — *Allergy*, 1997, vol. 52, pp. 45—51.
24. **Devlin R. B., McKinnon K. P., Noah T., Becker S., and Koren H. S.** Ozone-induced release of cytokines and fibronectin by alveolar macrophages in vitro. — *Amer. J. Physiol.*, 1994, vol. 266.
25. **Diat-Sanchez D.** The role of diesel exhaust particles and their associated polyaromatic hydrocarbons in the induction of allergic airway disease. — *Allergy*, 1997, vol. 52, pp. 52—56.
26. **Freye H. B., King J., and Litwin C. M.** Variations of pollen and mold concentrations in 1998 during the strong El Nino event of 1997–1998 and their impact on clinical exacerbations of allergic rhinitis, asthma, and sinusitis. — *Allergy Asthma Proc.*, 2001, vol. 22, pp. 239—247.
27. **Ghio A. J. et al.** Exposure to wood smoke particles produces inflammation in healthy volunteers. — *Occup. and Environ. Medicine*, 2012, vol. 69, No. 3, pp. 170—175.
28. **Hulin M. et al.** Respiratory health and indoor air pollutants based on quantitative exposure assessments. — *Eur. Respiratory J.*, 2012, vol. 40, No. 4, pp. 1033—1045.
29. **Ivanova J. I. et al.** Effect of asthma exacerbations on health care costs among asthmatic patients with moderate and severe persistent asthma. — *J. Allergy and Clin. Immunol.*, 2012, vol. 129, No. 5, pp. 1229—1235.

30. **Knox R. B.** Grass pollen, thunderstorms and asthma. — *Clin. and Exp. Allergy*, 1993, vol. 23, No. 5, pp. 354—359.
31. **Marks G. B. et al.** Thunderstorm outflows preceding epidemics of asthma during spring and summer. — *Thorax*, 2001, vol. 56, No. 6, pp. 468—471.
32. **Mendell M. J. et al.** Respiratory and allergic health effects of dampness, mold, and dampness-related agents: A review of the epidemiologic evidence. — *Environ. Health Perspectives*, 2011, vol. 119, No. 6, pp. 748—756.
33. **Nafstad P. et al.** Residential dampness problems and symptoms and signs of bronchial obstruction in young Norwegian children. — *Amer. J. Respiratory and Critical Care Medicine*, 1998, vol. 157, No. 2, pp. 410—414.
34. **News BBC.** Australia fires leave trail of devastation near Perth, 2011; <http://www.bbc.com/news/world-asia-pacific-12378717>.
35. **Packe G. E. and Ayres J. G.** Asthma outbreak during a thunderstorm. — *The Lancet*, 1985, vol. 326, No. 8448, pp. 199—204.
36. **Papadopoulos N. G. et al.** Research needs in allergy: An EAACI position paper, in collaboration with EFA. — *Clin. and Translational Allergy*, 2012, vol. 2, No. 1, pp. 1—23.
37. **Perez L. et al.** Chronic burden of near-roadway traffic pollution in 10 European cities (APHEKOM network). — *Eur. Respiratory J.*, 2013, vol. 42, No. 3, pp. 594—605.
38. **Rappold A. G. et al.** Peat bog wildfire smoke exposure in rural North Carolina is associated with cardiopulmonary emergency department visits assessed through syndromic surveillance. — *Environ. Health Perspectives*, 2011, vol. 119, No. 10, pp. 1415—1420.
39. **Rodriguez A. et al.** Urbanisation is associated with prevalence of childhood asthma in diverse, small rural communities in Ecuador. — *Thorax*, 2011, vol. 66, No. 12, pp. 1043—1050.
40. **Rossi O. V. et al.** Association of severe asthma attacks with weather, pollen, and air pollutants. — *Thorax*, 1993, vol. 48, No. 3, pp. 244—248.
41. **Rusznak C. et al.** Ozone-induced mediator release from human bronchial epithelial cells in vitro and the influence of nedocromil sodium. — *Eur. Respiratory J.*, 1996, vol. 9, No. 11, pp. 2298—2305.
42. **Sullivan S. D. et al.** Extent, patterns, and burden of uncontrolled disease in severe or difficult-to-treat asthma. — *Allergy*, 2007, vol. 62, No. 2, pp. 126—133.
43. **Takizawa R. et al.** Increased expression of HLA-DR and CD86 in nasal epithelial cells in allergic rhinitis: Antigen presentation to T cells and up-regulation by diesel exhaust particles. — *Clin. and Exp. Allergy*, 2007, vol. 37, No. 3, pp. 420—433.
44. **Volkova O. and Severova E.** Poaceae pollen season and associations with meteorological parameters in Moscow, Russia, 1994—2016. — *Aerobiologia*, 2019, vol. 35, pp. 73—84.
45. **Wardman A. E. et al.** Thunderstorm-associated asthma or shortness of breath epidemic: A Canadian case report. — *Can. Respiratory J.*, 2002, vol. 9, pp. 267—270.
46. **Wolf J. et al.** Elevated atmospheric carbon dioxide concentrations amplify *Alternaria alternata* sporulation and total antigen production. — *Environ. Health Perspectives*, 2010, vol. 118, No. 9, pp. 1223—1228.
47. **World Health Organization.** Atlas of Health and Climate. — World Health Organization, 2012, No. 1098.
48. **Ziello C. et al.** Changes to airborne pollen counts across Europe. — *PloS one*, 2012, vol. 7, No. 4, pp. e34076.
49. **Ziska L. H. et al.** Cities as harbingers of climate change: Common ragweed, urbanization, and public health. — *J. Allergy and Clin. Immunol.*, 2003, vol. 111, No. 2, pp. 290—295.
50. **Zock J. P. et al.** Housing characteristics, reported mold exposure, and asthma in the European Community Respiratory Health Survey. — *J. Allergy and Clin. Immunol.*, 2002, vol. 110, No. 2, pp. 285—292.