РАЗДЕЛ XXIX. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Гаспарян А.С.

О пыли естественного происхождения и её влиянии на климат и здоровье человека

*Волгоградский государственный технический университет
(Россия, Волгоград)*

doi: 10.18411/trnio-09-2021-113

Аннотация

В статье говорится о пыли естественного происхождения и её распространении с помощью ветра. Излагаются основные источники образования природной пыли. Рассмотрено положительное и негативное влияние пыли на климат и здоровье человека.

Ключевые слова: пыль, естественное происхождение, ветер, атмосферный воздух, атмосфера.

Abstract

The article talks about natural dust and its spread by the wind. The main sources of natural dust formation are stated. The positive and negative effects of dust on the climate and human health are considered.

Keywords: dust, natural origin, wind, atmospheric air, atmosphere.

Для нормальной жизнедеятельности человека существенное значение имеет чистый естественный воздух без примеси пыли, вредных аэрозолей, газов и паров. Одним из основных загрязнителей воздуха являются твердые взвешенные частицы пыли. При этом следует отметить, что Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) включила в перечень наиболее опасных загрязнителей для здоровья населения взвешенные частицы размером РМ 10 и РМ 2,5.

Воздух загрязнялся всегда, с момента формирования планеты такой, какая она есть. Он сам по себе неоднороден и включает в себя различные газы и частицы, что обусловлено его экологической задачей – смесь веществ в воздухе защищает планету от холода Космоса и излучения Солнца. При этом существует и система самоочистки воздуха – перемешивание слоев за счет атмосферных явлений, оседание тяжелых частиц на поверхности, естественная мойка воздуха осадками. И до появления человека и антропогенных загрязнителей, система работала достаточно слаженно. Однако свой след на планете мы оставляем каждый день, что и стало причиной сложившейся ситуации и заявления ВОЗ [1].

Существуют два вида источников загрязнения атмосферы: естественные и антропогенные. Достаточно большое количество научных исследований посвящены загрязнению атмосферного воздуха от антропогенных источников. В результате деятельности человека воздействие на атмосферу может быть, как прямым, так и косвенным. В данной статье мы рассмотрим более подробно источники образования и распространение пыли естественного происхождения (рисунок 1) [2].

В глобальном масштабе на долю природной пыли в загрязнении атмосферы частицами РМ 2,5 в среднем приходится 18%, однако вносы по категориям источников существенно варьируются по регионам. Так, природная пыль является основным донором РМ 2,5 на Ближнем Востоке (52%), в Японии (42%), в Океании (25%), Бразилии и Африке (22%). Во всем мире 22% частиц РМ10 в городскую окружающую среду вносится пылью естественного происхождения. Природный источник стал основным донором на Ближнем Востоке (44%), в Юго-Западной (39%) и Северо-Западной (33%) Европе, в южных регионах Китая (27%), Африке (25%) и в Индии (29%) [3, 4].

В зависимости от мощности образования пыли выделяют глобальные и локальные источники. К глобальным источникам относят Сахарский регион, пустыни Гоби и Такла-Макан, к локальным - пустыни Средней Азии, Монголии, Китая и др. Эти районы характеризуются повышенной запыленностью воздуха: в Сахаре ежегодно в воздух поступает 60-200 миллионов тонн терригенного аэрозоля [5]. Северная Африка является крупнейшим в мире постоянно действующим источником, на долю которого приходится около 70% от общего объема выбросов пыли [6]. Отсюда в XX веке по всему миру разлеталось $1367 \cdot 10^{12}$ граммов в год, а примерно одна четвертая этого количества откладывалась в океане. На втором месте находится Центральная Азия, а на третьем – Австралия [7].

Рисунок 1. Источники пыли естественного происхождения

Внеземным источником является космическая пыль, которая образуется из остатков сгоревших в атмосфере Земли метеоритов. В атмосфере более мелкие из них теряют свою скорость, слабо нагреваются и оседают, а более крупные, нагреваясь, испаряются. Суммарно приход метеоритного вещества на Землю считают равным 1,4 - 107 т/год [8]. Космическая пыль обнаруживается в глубоководных морских и океанических отложениях, в ледовом и снеговом покрове Арктики и Антарктики, в снеговом покрове горных вершин, в толще земных пород и других природных планшетах [5]. По содержанию химических элементов частички подразделяются на «каменные» и «железные». В «каменных» (они составляют 75% космических частиц) преобладают Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Cr, в «железных» – Fe, Co, Ni [9].

К земным источникам относится природная пыль, частицы которой имеют органическое и неорганическое происхождение.

Во-первых, пыль образуется в результате разрушения и выветривания горных пород и почв. Первая по количеству загрязняющих воздух частиц – пыль, появившаяся из-за постоянного воздействия ветра на почву или ветровая эрозия. Этот процесс особенно распространен в степях и пустынях, где ветром фактически выдувает частицы почвы и уносит их в атмосферу, затем пылинки оседают обратно на поверхность земли. Согласно расчетам ученых, каждый год такой круговорот проходят от 4,6 млрд тонн пыли [1].

Во-вторых, это вулканические извержения (вулканическая пыль). Вклад вулканизма в атмосферный аэрозоль оценивается величиной порядка 40 млн т в год (от 4 до 250 млн т), что составляет около 0,5% от массы почвенного аэрозоля. В результате в атмосферу выбрасывается пыль, газы: CO₂, SO₂, H₂O, H₂, N, NCl, HF и др. Крупные вулканические извержения сопровождаются образованием газопепловых облаков, площадь и масса которых сравнима с наиболее крупными пылевыми облаками эолового происхождения. Продукты выбросов крупных извержений вулканов перемещаются на расстоянии в 1000 км [9]. Известно достаточное количество примеров извержений вулканов [8, 9, 10], в результате которых огромное количество пыли и пепла длительное время находилось в атмосфере и распространялось на большие расстояния.

В-третьих, лесные (мелкий пепел), степные, торфяные пожары. Дым по сути представляет собой взвесь очень мелких (0,1-0,2 мкм) пылевых частиц - они даже не задерживаются в легких и быстро проникают в кровь. Дело в том, что самый обычный дым содержит, помимо коварного угарного газа, не менее коварную группу атмосферных примесей - так называемые полициклические ароматические углеводороды [10].

Продукты горения лесных, степных пожаров вносят достаточно серьезный вклад в загрязнение атмосферного воздуха и влияют на газовый состав атмосферы. Наземная часть биомассы, которая обычно частично сгорает при пожарах составляет 70-80%. Если считать, что при лесных пожарах в среднем сгорает 30% поверхностной биомассы, то с 1 км² лесной площади, (охваченной пожарами), в тропических лесах выбрасывается 5-6 тысяч тонн углерода (в виде CO₂, CO и углеводородов), в лесах умеренного пояса - от 300 до 1200 т [9].

В-четвертых, испарение с поверхности морей (соли морской воды). Испарение влаги обогащает воздух кристалликами морских солей. Эти соли в основном представлены хлористым натрием, хлористым магнием, хлористым кальцием, бромистым калием. Наибольшее количество солей поступает в атмосферу при больших волнах и штормах. Например, в прибрежных районах Великобритании на 1 м² почвы выпадает от 25 до 35 г солей, 70 % которых состоит из хлористого натрия [7], а вклад морских аэрозолей в атмосферную взвесь городов Норвегии и Испании составляет 10-20 % [11].

В-пятых, растения. Они поставляют в воздух огромное количество пыльцы, облака которой могут подниматься до 12 тысяч километров [1]. В разгар цветения от одного растения в воздух поступает несколько миллионов гранул пыльцы в день. Весной максимальное количество пыльцы выделяется деревьями, летом – щавелем и подорожником, осенью - луговым крестовиком. Пыльца злаков и сосен может долгое время оставаться во взвешенном состоянии и перемещаться на значительную высоту. Например, в США пылевые облака обнаруживаются до высоты 12000 м [9].

Что касается косвенного воздействия деятельности человека, приводящего к образованию пыли естественного происхождения, то к нему могут быть отнесены: сведение лесов на больших площадях; распашка обширных территорий; создание крупных водохранилищ; изменение направления стоков рек; мелиоративные работы; массовая добыча полезных ископаемых открытым способом, выпас скота, неумеренное скашивание травы (газонов) в городской черте [2, 12, 13].

Обратим внимание на то, что пыль может быть как местного происхождения, так, и принесена издалека. Распространению пыли способствует ветер и определенные климатические условия [14]. Перенос ветром является функцией нескольких переменных, в том числе скорость ветра (особенно критическая скорость ветра или пороговая скорость, необходимая для смещения частиц), степень атмосферной неустойчивости, размер и форма частиц, шероховатость и влажность поверхности земли, и степень воздействия частиц [15]. Например, в статье [16] автор рассказывает о зарождении, продвижении, разрушительной мощи и созидательной роли ураганов, переходящих в пыльные бури на азиатском континенте. Эти, по существу, метеорологические явления способны сильно изменять облик земной поверхности. Обладая огромной транспортирующей силой, они переносят то, что

разрушено в одном месте, и откладывают в другом, нередко находящемся на расстоянии сотен и тысяч километров. Пыльные бури, которые, как правило, возникают при длительном отсутствии атмосферных осадков и усилении скорости ветра выше 10-15 м/с до 20-24 м/с и более [17].

Содержание мелкодисперсной пыли в атмосферном воздухе характеризуется сезонной изменчивостью, что, с одной стороны обусловлено колебаниями температуры и влажности наружного воздуха, и, с другой стороны, - трансграничным переносом загрязнителей при частых в весенний период пыльных бурях аридных зонах [3].

Общеизвестно, что на уровень запыленности воздуха влияет степень увлажнения почвенного покрова, для этого необходимы два условия: сухость и ветер, а также отсутствие и слабое развитие растительности. Сухой поверхностный слой земли легко крошится, частички почвы в сухом состоянии слабо удерживаются одна с другой и могут быть подняты в воздух ветром. При недостатке растительности эти процессы существенно усиливаются: травянистый покров предохраняет почвенный слой как от пересыхания, так и от слишком сильного ветра, который теряет скорость в растительном покрове и не способен «добраться» до поверхности почвы. Именно поэтому пыльные бури возникают в основном в пустынных и полупустынных регионах, реже — в степных, а в лесостепных и лесных - в исключительных случаях (как правило, при сильной засухе). Так для сухой почвы с ростом скорости ветра до 4 м/с наблюдается постоянная запыленность приземного воздуха. При скорости ветра более 4 м/с отмечается резкое увеличение содержания пыли в воздухе. Поэтому наблюдается широтная зональность в распределении пыли. Например, в России количество воздушной взвеси увеличивается с 5-20 мг/м³ в лесах до 20-100 мг/м³ в степях, 100-150 мг/м³ в сухих степях и пустынях Казахстана и Средней Азии. В странах Южной и Юго-Восточной Европы основной вклад в загрязнение воздуха вносит выветривание почвы [9, 17].

Характер распространения пылевых частиц в атмосфере так же зависит от их размера. Крупные частицы и часть средних (размером более 1 мкм) оседают в течение нескольких часов или немногих суток и поэтому, как правило, переносятся на относительно небольшие расстояния (хотя в некоторых случаях они могут преодолевать и сотни километров, если пыль оказалась на значительной высоте). Более мелкие частицы (высокодисперсная фракция) могут удерживаться в атмосфере до 10—20 суток и распространяться за это время по всему полушарию [17].

Перейдем к вопросу влияния пыли на климат и здоровье человека. Так какая же польза от пыли? Ученые утверждают, присутствие пыли в атмосфере имеет большое значение для климата. Частицы размером менее 2,5 мкм, находящиеся в атмосфере блокируют солнечные лучи, понижая температуру у поверхности земли [18, 19]. Пыль сокращает количество солнечной радиации, попадающей на поверхность Земли, и этот процесс в определенной степени может смягчить потепление климата. Так, например, после извержения вулкана Катмай на Аляске в июне 1912 г. солнечная радиация уменьшилась на 25% [8]. С помощью пыли радиационный баланс планеты поддерживается двумя разными способами: либо напрямую отражая и поглощая солнечную радиацию, либо косвенно, влияя на формирование облаков и количество осадков. Ведь облака в атмосфере образуются за счет ядер конденсации. Этими ядрами могут быть ионы или микрочастички пыли, на которых и конденсируется вода. Чем больше ядер конденсации — тем мощнее облака и больше осадков [7, 19, 20].

По словам ученых, пыль влияет и на процессы в океане. Обогащенная железом пыль, выдуваемая из Австралии и пустынь Гоби и Сахары, в значительной степени осаждается в океанах, где, как было установлено, она питает фитопланктон, микроскопические морские растения, которые являются первым звеном в океанской пищевой цепи и поглощают большое количество углекислого газа. Модель, которую построили ученые, показала, что дополнительное количество железа, которое поглотил мировой океан в XX веке, привело к бурному развитию планктона. В результате океан стал поглощать на 6% больше диоксида

углерода. Кроме того, считается, что верхние слои тропического леса в Бразилии получают большую часть питательных веществ из пыли, переносимой через Атлантику из Сахары [7, 20, 21].

Рассмотрим негативное влияние пыли. В связи с тем, что содержание пыли в воздухе увеличивается в годы более высокой вулканической активности, а также во время крупных лесных, степных пожаров, она задерживает солнечные лучи, нарушая тепловой баланс, мешает развиваться растениям, ухудшает видимость, влияет на здоровье людей.

Задерживая солнечные лучи, пыль может вызвать потепление климата. Обусловлено это тремя эффектами: непосредственного нагрева воздуха пылинками, поглощающими коротковолновую радиацию, задержки ими длинноволнового излучения (парниковый эффект) и усиления турбулентного перемешивания в приземном слое атмосферы [11, 18].

Пыль воздействует на процесс фотосинтеза растений и оказывает непосредственное токсическое действие на растительность. Запыленность листьев приводит к ожогам их поверхности и закупориванию пор. Токсическое действие пыли проявляется через повреждение листьев, цветков и снижение урожайности [13, 16, 22, 23].

Нельзя не сказать и об исследованиях, посвященных влиянию пыли на здоровье человека. Какого бы происхождения пыль не была, она проникает в легкие человека и пагубно воздействует на дыхательные пути. Более того нередко пыль вызывает заболевания сердца и сосудов [24]. К специфическим заболеваниям относятся пылевые фиброзы (пневмокониозы). Из неспецифических заболеваний выделяют поражения глаз - конъюнктивиты, воспаление роговицы, бородавки, рак легких и другие заболевания, а растительная пыльца является причиной ряда аллергических заболеваний дыхательных путей.

Пыльные бури могут улавливать и переносить на большие расстояния токсичные микроэлементы и биологически активные соединения (бактерии, грибы, пыльцу, споры и вирусы). Все переносимые микроорганизмы имеют потенциальные последствия для случаев заболевания, включая менингококковый менингит и кокцидиомикоз [25].

Оседая на фасадах зданий и растениях пыль ухудшает визуальную экологию жилой среды, негативно воздействуя на психологический комфорт человека [26].

С другой точки зрения пыль естественного происхождения не достигает концентрации, при которой она могла бы оказывать отрицательное воздействие на организм человека. Присутствие в воздухе естественной пыли, образованной вследствие вулканических извержений, лесных, степных и торфяных пожаров создает для людей не вполне благоприятную гигиеническую обстановку [27].

В заключении следует сказать, что вклад в загрязнение атмосферы от природных источников слабо изучен, так как большинство работ по оценке загрязнения воздуха мелкодисперсной пылью посвящены выбросам от антропогенных источников. При этом результаты исследований, посвященные влиянию пыли природного происхождения на климат и здоровье человека, не всегда однозначны.

Как уже отмечалось в статье, в зависимости от источника образования, размера частиц и климатических условий пыль может способствовать как потеплению, так и смягчению потепления климата. Проблемы изменения климата в настоящий момент являются актуальными, так как любые изменения в климате отражаются на человеке и его деятельности. Причины этих процессов еще трудно предсказуемы с достаточной достоверностью в глобальных масштабах, а большинство существующих исследований сосредоточены на местном или региональном уровне, что может привести к нежелательным экологическим, экономическим и социальным последствиям.

Так же некоторыми учеными отмечается, что роль пыли размером более 10 микрон часто недооценивается. При мониторинге качества воздуха, согласно рекомендациям Всемирной Организации Здравоохранения, частицы размером более 10 мкм не учитываются хотя способны транспортироваться при определенных условиях на расстояния свыше 1000 км, при этом оказывать негативное влияние на климат и здоровье человека [18].

Для понимания распределения пыли в пространстве и времени необходимо учитывать, доля каких частиц преобладает в воздухе, их дисперсный и химический составы. Слабоизученным остается вопрос о гигиеническом воздействии природной пыли на здоровье человека (токсическое (отравляющее), раздражающее).

1. Загрязнение воздуха / Е.Море [Электронный ресурс]. URL: <https://tion.ru/blog/zagryaznenie-vozduha-atmosfery>. (20.12.2019 г.)
2. Медведев В.Т. Охрана труда и промышленная экология /Медведев В.Т., Новиков С.Г., Каралюнец А.В., Маслова Т.Н. – М.: Академия, 2012. – 415 с.
3. Горшков Е.В. Исследование загрязнения городской воздушной среды мелкодисперсной пылью природного происхождения / Е.В.Горшков, М.Х.Насими // Инженерный вестник Дона. - 2016. - №4.
4. Contributions to cities ambient particulate matter (PM): A systematic review of local sources of contributions at global level / Federico Karagulian, Claudio A. Belis, Carlos Francisco C. Dora, Annette M. Pruss-Ustun, Sophie Bonjour, Heather Adair Rohani, Markus Amann // Atmospheric environment. 2015. V. 120. pp. 475-483.
5. Проблемы изучения космической пыли на Земле / под ред. Н.Г.Бочкарева. - Дубна: ОИЯИ, 2014. - 87 с.
6. Characterizing the temporal and spatial variability of African dust over the Atlantic / Joseph M. Prospero // Pages magazine. 2014. pp. 68-69.
7. Атмосферная пыль Земли удвоилась / А.Говорова. [Электронный ресурс]. URL:<https://www.infox.ru/news/84/63356-atmosfernaa-pyl-zemli-udvoilas>. (20.12.2019 г.)
8. Атмосферная пыль и загрязнения [Электронный ресурс]. URL:https://collectedpapers.com.ua/ru/ocean_and_atmosphere/atmosfernij-pil-ta-zabrudnennya. (20.12.2019 г.)
9. Источники и состав загрязнения атмосферного воздуха [Электронный ресурс]. URL: <https://ecology-education.ru/index.php?action=full&id=443>. (20.12.2019 г.)
10. Все о воздухе, которым мы дышим: о том, как формировался состав воздуха, как его улучшить, как создать искусственный воздух и еще о многих других вопросах / И.С.Бреслав, Л.А.Брянцева. – М.: Ленанд, 2017. – 192 с.
11. Голохваст К.С. Атмосферные взвеси и экология человека / К.С.Голохваст, П.Ф.Кику, Н.К.Христофорова // Экология человека. - 2012. - №10. – С. 5-10.
12. Птушенко В. Стриженный? Бритый... / В. Птушенко // Наука и жизнь. - 2013. №7. – С. 95-100.
13. Рулев А.С. Исследование проявления дефляции почв в условиях волгоградской области / А.С.Рулев, А.М.Беляков, А.Н.Сарычев // Известия нижеволжского Аграрноуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2016. - №2(42). – С. 101-107.
14. Mineral dust: Meteorological controls and climate impacts / Kerstin Schepanski1, U. Merkel, I. Tegen // Pages magazine. 2014. pp. 62-63.
15. Natural minerogenic dust and human health / E. Derbyshire // [Электронный ресурс]. URL: [https://bioone.org/journals/AMBIO-A-Journal-of-the-Human-Environment/volume-36/issue-1/0044-7447\(2007\)36\[73:NMDANH\]2.0.CO;2/Natural-Minerogenic-Dust-and-Human-Health/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[73:NMDANH\]2.0.CO;2.short](https://bioone.org/journals/AMBIO-A-Journal-of-the-Human-Environment/volume-36/issue-1/0044-7447(2007)36[73:NMDANH]2.0.CO;2/Natural-Minerogenic-Dust-and-Human-Health/10.1579/0044-7447(2007)36[73:NMDANH]2.0.CO;2.short). (20.12.2019 г.)
16. Чичагов В.П. Пыльно-песчаные ураганы Восточной Азии / В.П.Чичагов // Земля и вселенная. - 2008. - №3. – С. 79-87.
17. Птушенко В. И только пыль, пыль, пыль... / В.Птушенко // Наука и жизнь. - 2014. - №7. – С. 56-61.
18. The significance of particle size of long-range transported mineral dust / Jan-Berend W. Stuut, Maarten A. Prins // Pages magazine. 2014. pp. 70-71.
19. A review of recent advances in research on PM2.5 in China / Yaolin Lin, Jiale Zou, Wei Yang, Chun-Qing Li // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2018.
20. DICE: Dust impact on climate and environment / Gisela Winckler, Natalie Mahowald // Pages magazine. 2014. pp. 61.
21. Dust storms spread deadly diseases worldwide [Электронный ресурс] URL:<https://www.theguardian.com/world/2009/sep/27/dust-storms-diseases-sydney>. (20.12.2019 г.)
22. Абдуллаев С.Ф. Влияние пылевой мглы на урожайность хлопчатника / С.Ф.Абдуллаев, Б.И.Назаров, В.А.Маслов // Аграрная наука. - 2012. - №5. – С. 23-25.
23. Абдуллаев С.Ф. Влияние пыльных бурь на урожайность фисташки и пастбищных трав / С.Ф.Абдуллаев, Б.И.Назаров, В.А.Маслов // Аграрная наука. - 2012. - №12. – С. 21-22.
24. Птушенко В. Пыль: сердечный отклик / В.Птушенко, С.Марцевич // Наука и жизнь. - 2015. - №1. - С. 36-38.
25. A systematic review of global desert dust and associated human health effects / X.Zhang, L.Zhao, D.Q.Tong // Atmosphere. 2016. V. 7. pp. 1-30.
26. Стеценко С.Е. Запыленность городской среды / С.Е.Стеценко // Сборник 2009-год Нижне-Волжского региона в Южном региональном отделении РААСН. 2009. – С. 185-189.
27. Барикаева Н.С. Совершенствование системы мониторинга загрязнения воздуха придорожных территорий городов мелкодисперсной пылью: дис. ... канд. техн. наук. - Волгоград, 2019. – С. 13.