

УДК 549.67:61(042)

## АТМОСФЕРНЫЕ ВЗВЕСИ И ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

© 2012 г. <sup>1,2</sup>К. С. Голохваст, <sup>1,2</sup>П. Ф. Кику,  
<sup>1</sup>Н. К. Христофорова

<sup>1</sup>Дальневосточный федеральный университет,

<sup>2</sup>Владивостокский филиал ФГБУ «ДНЦ ФПД» СО РАМН –

НИИ медицинской климатологии и восстановительного лечения,  
г. Владивосток

Атмосфера – один из каналов обмена и перераспределения вещества на Земле [30]. Так, например, обычная дождевая капля весом 50 мг при падении с высоты 1 км «промывает» 16 л воздуха, а 1 л дождевой воды захватывает с собой примеси, содержащиеся в 300 тыс. л воздуха. Из общего количества растворенных веществ, уносимых реками с материков в океан, почти половина возвращается обратно с атмосферными осадками. Известно, что эффективность подоблачного вымывания, как одного из способов выведения аэрозолей из атмосферы, определяется многими факторами, среди которых важную роль играют физические параметры осадков. Одна влажная снежинка сложной формы может содержать до  $10^6$  субмикронных пылевых частиц, а сухая – всего 100–1 000 [18, 22].

В ходе циклического обмена между системами «суша – атмосфера» и «океан – атмосфера» взвеси поступают в атмосферу и удаляются из неё вместе с осадками и в форме сухих выпадений [12, 13, 17, 24]. Частицы размером 10–100 мкм переносятся в тропосфере на сотни – первые тысячи километров, а взвеси с диаметром частиц 1–10 мкм – до 10 тыс. км [20]. В среднем взвеси присутствуют в атмосфере примерно 5 сут [43]. Концентрация частиц взвеси в атмосфере различна, и даже в одном конкретном месте она сильно изменяется во времени [1, 19].

Взвешенные в атмосфере частицы оказывают существенное влияние на качество воздуха, климат и разнообразные гетерогенные химические реакции [15–17, 19, 34, 43, 46]. Стоит отметить, что с конца прошлого века взвешенные частицы были включены в число загрязняющих веществ, рассматриваемых в рамках «Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния» Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН), в число задач которой входит управление качеством атмосферного воздуха, регулирование и контроль выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в Европе. В связи с расширением задач Конвенции по регулированию загрязнения воздуха РМ (от англ. particulate matter), наряду с развитием инструментального мониторинга атмосферных аэрозолей, возникла необходимость разработки моделей переноса для описания загрязнения воздуха взвешенными частицами [29]. По мнению Ф. Ф. Давитая [11], колебания концентрации частиц атмосферных взвесей могут воздействовать на всю биосферу, меняя климат на всей планете. Так, увеличение содержания пыли в атмосфере 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.

Обзор посвящен анализу новейших данных об исследовании атмосферных взвесей и их роли в экологии человека. Обсуждаются гигиенические аспекты вещественного и количественного состава взвесей. Были использованы материалы статей в базе данных Scopus ([www.scopus.com](http://www.scopus.com)), Web of knowledge (<http://ip-science.thomsonreuters.com>), Biological Abstracts (<http://ip-science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jloptions.cgi?PC=BA>), PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>).

**Ключевые слова:** взвеси, микрочастицы, экологический фактор

Считается, что основными источниками природных атмосферных взвесей на нашей планете являются извержения вулканов, пылевые почвенные аэрозоли, смог и пыль лесных пожаров и торфяников, микрометеоритное воздействие [1, 7, 12, 21–23, 32, 36, 39, 41]. Например, как сообщает С. Г. Цыро [29], вклад морских аэрозолей в атмосферную взвесь городов Норвегии и Испании составляет 10–20 %.

Несомненно, что на состав атмосферы влияют и антропогенные источники [10, 28, 38]. Выбросы некоторых крупных промышленных предприятий и теплоэнергоцентралей (ТЭЦ) современных городов происходят на высоте не более 180 м при наибольшем радиусе разброса от 5 до 7 км. Большинство современных предприятий имеют относительно малые объемы выбросов, с радиусом рассеивания от 0,5 до 3 км [27, 28, 49]. Считается, что выбросы автотранспорта могут составлять до 51 % загрязнений воздушной среды в современном городе [10, 28].

По степени влияния на состав взвесей источники, несомненно, различны. Так, вулканы приносят в атмосферу твердого вещества массой около 40 млн т/год [25, 26]. Достаточно серьезный вклад в состав взвесей вносят и продукты горения лесных пожаров [40]. Но первое место по вкладу в массу атмосферных взвесей, по современным воззрениям [30], занимают эрозивные почвенные процессы и выдувание пустынного грунта [36]. На планете Земля к настоящему моменту описано около 4 400 видов минералов [38]. Очевидно, что не все минералы контактируют с живыми организмами. Поверхностный слой литосферы образован рыхлым слоем горных пород (корой выветривания), поэтому именно минералы, входящие в её состав (алюмосиликаты, в том числе глины, шпаты, цеолиты, кварцы, оксиды металлов), являются одним из основных источников частиц атмосферных взвесей [1, 9].

Оценки атмосферного переноса вещества и общей массы взвесей, произведенные разными авторами, расходятся в десятки и сотни раз, что связано с несовершенством применяемых методик [6]. Так, по одним оценкам, в атмосфере Земли постоянно находится взвесь минералов массой около 20 млн т, а по другим – 0,6–1,6 млрд т [1, 5, 20, 31]. Рассчитана и величина общего переноса атмосферного аэрозоля (5–10 млрд т в год) [6].

Аэрозолем называется совокупность частиц или капелек, взвешенных в газовой фазе [37]. Установлено, что размеры частиц взвесей находятся в пределах от 0,002 до 100 мкм [31]. Известно, что в атмосферных аэрозолях преобладают частицы размером менее 1 мкм [6]. По данным Х. Е. Юнге [31], частицы Айткена, то есть частицы менее 0,1 мкм, составляют не более 10–12 % аэрозольного вещества. По другим данным, доля частиц размером менее 5 мкм составляет 95 %, но по массе – всего 7 % [6]. Есть сообщения [4, 11], что 95 % частиц имеют размер более 1 мкм, и доля частиц менее 1 мкм составляет менее 12 %. Считается, что крупные фракции аэро-

золей оседают ближе к источнику пыли, поэтому, например, в центральной части Тихого океана взвесь мелкодисперсная [6].

Частицы с диаметрами менее 10 мкм, и в особенности с диаметрами менее 2,5 мкм, вследствие их медленного естественного выведения из атмосферы характеризуются относительно долгой продолжительностью жизни в атмосфере. Следствием этого является весьма значительный вклад фоновой (т. е. на значительном удалении от источников) составляющей в сельских и даже городских концентрациях РМ. В отличие от газовых примесей РМ являются в основном сложной гетерогенной смесью многих компонентов, причем их свойства (спектр распределения по размерам, химический состав) широко изменяются во времени и пространстве [32]. На основании расчетов по математической модели и данных наблюдений С. Г. Цыро [29] установлен типичный средний состав фоновых РМ<sub>10</sub>: 30–40 % вторичные неорганические аэрозоли (сульфаты, нитраты и аммоний-ион), характеризующие региональное загрязнение воздуха, 20–35 % – органический углерод, 3–5 % – элементарный углерод, 5–7 % – минеральная пыль, 1–2 % – морской аэрозоль. Таким образом, проблема загрязнения воздуха взвешенными частицами носит не только местный, но и в значительной степени региональный, в том числе трансграничный, характер [29].

Согласно одной из классификаций различаются по размерам три класса аэрозольных частиц: мелкодисперсные ( $r \leq 0,1$  мкм), среднелдисперсные ( $0,1$  мкм  $< r < 1$  мкм) и грубодисперсные ( $r \geq 1$  мкм) [35]. Анализируя атмосферные взвеси города Владивостока, мы разделили их по размерам частиц, согласно данным лазерного анализатора, на пять классов: 1) от 0,1 до 1 мкм (соответствует РМ<sub>1</sub>), 2) от 1 до 10 (соответствует РМ<sub>10</sub>), 3) от 10 до 50 мкм, 4) от 50 до 100 и 5) более 100 мкм [8].

Стоит дополнительно остановиться на наночастицах (частицы Айткена) в природных и техногенных взвесах. Наночастицы существуют в космосе, атмосфере, гидросфере, горных породах, магмах. Наночастицы в космосе образуются при физических процессах, включающих импактный механизм, а также электрические разряды и реакции конденсации, происходящие в солнечной туманности. В геологических процессах наночастицы могут образовываться: при распаде твердых растворов в минералах и стеклах; субмикронном двойниковании некоторых кристаллов; фазовых переходах из жидкого или газообразного состояния в твердое; физических и химических процессах выветривания. Самыми крупными поставщиками наночастиц на большие высоты в атмосфере служат вулканы (вулканическая пыль). Считается даже, что вспышки формирования наночастиц совпадают со временем высокой солнечной активности. Наиболее поразительной является сохранность металлов (алюминий, хром, цинк, титан и др.) в самородном виде в морской воде. Наночастицы в гидросфере образуются

большой частью в вершинах так называемых черных курильщиков. Гидротермальные растворы — это наночастицы, но, соединяясь с холодной водой, они обращаются уже в видимые частицы [1].

Вещественный состав атмосферных взвесей крайне различен в разных регионах и условиях. На основании литературных данных [14, 30, 31, 33, 49] и собственных результатов [8, 9] можно предложить следующую их классификацию:

#### 1. Природные

1.1. Неорганические (частицы минералов коры выветривания, продукты химических реакций в верхних слоях атмосферы, метеорная и вулканическая пыль)

1.2. Органические (аэропланктон, пыльца, частицы опавших листьев растений, шерсть животных, насекомые и части их тел, пепел лесных пожаров, фрагменты морской органики (таллома водорослей, иглокожих, раковины моллюсков)).

#### 2. Техногенные

2.1. Неорганические (сажа ТЭЦ и котельных, кусочки резины и асфальта, частицы выхлопов автомобилей (сажа, частицы металлов и их оксидов), выбросы промышленных предприятий, отходы и выбросы строительной индустрии, синтетические волокна)

2.2. Органические (выбросы пищевых производств, результаты горения мусора, в том числе и сельскохозяйственного).

#### 3. Неустановленные.

Некоторые аспекты данной классификации требуют дополнительного изучения. Так, необходимо отметить, что под термином «аэропланктон» принято понимать совокупность взвешенных в воздухе живых организмов (бактерии, грибы, мхи, водоросли, споры, пыльца, фитопланктон, мелкие семена и членистоногие) [43]. Споры многих бактерий легко поднимаются в высокие слои атмосферы, что позволяет им высеваться на больших площадях [42]. Существует мнение, что аэропланктон вместе с пылью существенно влияет на погодные явления, в частности, зачастую является центром десублимации атмосферного льда [18, 24]. Так, есть работы [45], где показано, что в лабораторных условиях бактерии способствовали замерзанию воды, то есть вели себя как типичные ядра конденсации. Организмы в аэропланктоне встречаются даже на высоте до 9 тыс. м [44]. Присутствие в облаках воды, микроэлементов, кислорода, оксида углерода, азота, а также наличие интенсивной лучистой энергии создает благоприятные условия для фотосинтеза, обмена веществ и роста клеток [48].

Поэтому считается, что атмосфера, в частности облака, представляет собой уникальную экологическую систему [47, 50], которая влияет на состав и свойства твердых частиц взвесей.

Очевидно, что организмы на Земле с момента возникновения жизни и по настоящее время находятся под действием частиц атмосферных взвесей и должны были адаптироваться к ним. В процессе

эволюции живых организмов появился довольно эффективный механизм очистки вдыхаемого воздуха: грубые частицы оседают в каналах носоглотки, до 90 % мелких частиц задерживается в верхних дыхательных путях и бронхах, удаляясь вместе со слизью при отхаркивании [32].

Механизм дыхания животных, в частности человека, позволяет выводить из организма самую опасную наиболее мелкую фракцию взвеси. Обусловлено это турбулентным потоком вдыхаемого воздуха, возникающим из-за винтового гофрированного рельефа трахеи и бронхов, а также из-за противотока газов при вдохе-выдохе [3]. Само явление заключается в том, что при легочном дыхании во время вдоха в воздухоносных каналах легких возникает одновременно закрученное движение входящей и выходящей газовых смесей в виде равноценных обвивающих друг друга встречных винтовых потоков, обеспечивающее эффективное и оптимальное замещение в альвеолярном пространстве легких отработанной газовой смеси чистым воздухом, обусловленное структурно-функциональной организацией дыхания.

Известно, что альвеолярные макрофаги и некоторые другие клетки в норме могут фагоцитировать твердые водонерастворимые частицы размером 5–10 мкм. При нормальном функционировании организмов это относится к частицам минералов, пыли, сажи, залетающим с вдыхаемым воздухом.

Для фиброгенной пыли в зависимости от содержания свободной двуокиси кремния ( $\text{SiO}_2$ ) установлена предельно допустимая концентрация (ПДК) от 1 до 10 мг/м<sup>3</sup> в атмосферном воздухе, а также максимальные разовые и среднесуточные ПДК в зависимости от содержания в пыли  $\text{SiO}_2$ . При содержании двуокиси кремния выше 70 % максимальная разовая ПДК — 0,15 мг/м<sup>3</sup>, среднесуточная — 0,05 мг/м<sup>3</sup>; при содержании  $\text{SiO}_2$  от 20 до 70 % — соответственно 0,3 и 0,1 мг/м<sup>3</sup>, при содержании  $\text{SiO}_2$  ниже 20 % — 0,5 и 0,15 мг/м<sup>3</sup>. Для токсических пылей ПДК как в воздухе рабочей зоны, так и в атмосферном воздухе может быть ниже приведенных выше значений [15].

Кроме твердых частиц, одним из факторов влияния взвесей на живые организмы могут быть сорбированные на их поверхности токсины. Так, например, автотранспорт современного города выбрасывает в воздух более 40 химических веществ, причем каждое из них в различной степени вредно для организма человека. К ним относятся окись углерода (до 70 %), канцерогенные полициклические ароматические углеводороды (около 19 %), окислы азота (около 9 %), фенолы, формальдегиды и тяжелые металлы. Среди многих причин интенсивного загрязнения воздуха автотранспортом значительное место занимает низкое качество используемого бензина [10, 28].

Таким образом, атмосферные взвеси — абиотический фактор среды, проникающий в живые организмы преимущественно ингаляционно и, несомненно, влияющий на дыхательные пути за счет разнообразного и постоянно меняющегося состава.

Поэтому в настоящее время одним из важных направлений в экологии человека и санитарной токсикологии являются работы по изучению влияния нано- и микрочастиц как компонентов атмосферных взвесей на живые организмы.

#### Список литературы

1. Богати́ков О. А. Неорганические наночастицы в природе // Вестник РАН. 2003. Т. 73, № 5. С. 426–428.
2. Вещественный состав нерастворимых частиц в снежном покрове Южного Сахалина (данные электронной микроскопии и ИК-спектроскопии) / В. В. Иванов, Н. А. Казаков, Л. Г. Колесова и др. // Тезисы докладов Международного симпозиума «Физика, химия и механика снега», Южно-Сахалинск, 2011. С. 33–37.
3. Визуализация винтового противоточного движения газовых сред при вентиляции легких / В. Н. Захаров, В. А. Орлов, С. В. Панов и др. // Российский журнал биомеханики. 2008. Т. 12, № 2 (40). С. 7–12.
4. Влодавец В. И. Заметки о навесном минеральном осадке на льдах // Труды Арктического института. 1936. Т. 33. С. 79–85.
5. Гаррелс Р., Макензи Ф. Эволюция осадочных пород / пер. с англ. М.: Мир, 1974. 418 с.
6. Газовский Н. Ф. Избранные труды. В 2 т. Т. 1. Геохимические потоки в биосфере. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 535 с.
7. Глушко А. А. Экстремальная экология (человека и природы) // Инженерная экология. 2010. № 1(91). С. 4–24.
8. Голохваст К. С., Чекрыжов И. Ю., Паничев А. М. и др. Первые данные по вещественному составу атмосферных взвесей Владивостока // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13, №1(8). С. 1853–1857.
9. Гранулометрический и минералогический анализ взвешенных в атмосферном воздухе частиц / К. С. Голохваст, Н. К. Христофорова, П. Ф. Кику, А. Н. Гульков // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2011. № 2(40). С. 94–100.
10. Гриванов И. Ю. Оценка загрязнения атмосферы Владивостока выбросами автотранспорта: автореф. ... канд. географ. наук. Владивосток, 2002. 25 с.
11. Давитая Ф. Ф. Загрязнение земной атмосферы и проблемы свободного кислорода // Известия АН СССР. Серия «География». 1971. № 4. С. 22–25.
12. Добровольский В. В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. М.: Мысль, 1983. 160 с.
13. Добровольский Г. В. Педосфера — оболочка жизни планеты Земля // Биосфера. 2009. Т. 1, №1. С. 6–14.
14. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. М.: Наука, 1990. 260 с.
15. Измеров Н. Ф. Гигиена труда. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 584 с.
16. Кондратьев И. И. Фоновые потоки аэрального вещества юга Дальнего Востока России, как региональная основа оценки загрязнения атмосферы: автореф. ... канд. географ. наук. Владивосток, 2000. 26 с.
17. Кондратьев К. Я. Атмосферный аэрозоль как климатообразующий компонент атмосферы. Свойства аэрозолей различных типов // Оптика атмосферы и океана. 2004. Т. 17, № 1. С. 5–24.
18. Кульский Л. А., Даль В. В., Ленчина Л. Г. Вода знакомая и загадочная. Киев: Радянська школа, 1982. 120 с.
19. Куценогий К. П., Куценогий П. К. Аэрозоли Сибири. Итоги семилетних исследований // Сибирский экологический журнал. 2000. № 1. С. 11–20.
20. Лисицын А. П. Процессы океанской седиментации. М., 1978. 389 с.
21. Мельчаков Ю. Л. Закономерности элементопереноса в системе «почва — атмосфера» (на примере Северного Урала) // Литосфера. 2008. № 2. С. 133–138.
22. Мельчаков Ю. Л. Роль эвапотранспирации в системе миграционных потоков химических элементов. Екатеринбург: Урал. гос. пед. ун-т, 2007. 326 с.
23. Мельчаков Ю. Л. Эвапотранспирационная миграция химических элементов в ландшафтах (на примере Урала): автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. М., 2009. 35 с.
24. Распределение и состав нерастворимых частиц в снеге Арктики / В. П. Шевченко, А. П. Лисицын, Р. Штайн и др. // Проблемы Арктики и Антарктики. 2007. № 75. С. 106–118.
25. Савенко В. С. Средний элементарный химический состав океанского аэрозоля // Доклады АН СССР. 1988. Т. 299, № 2. С. 465–468.
26. Савенко В. С. Факторы, определяющие распространенность химических элементов в океаническом аэрозоле // Доклады РАН. 1994. Т. 339, № 5. С. 670–674.
27. Свинухов В. Г. Исследование, моделирование и прогноз загрязнения атмосферы в городе: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Владивосток, 1997. 44 с.
28. Христофорова Н. К. Экологические проблемы региона: Дальний Восток — Приморье. Хабаровское книжное издательство, 2005. 304 с.
29. Цыро С. Г. Региональная модель для исследования физических и химических свойств взвешенных частиц в Европе: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. СПб., 2008. 23 с.
30. Шевченко В. П. Влияние аэрозолей на среду и морское осадконакопление в Арктике. М.: Наука, 2006. 226 с.
31. Юнге Х. Е. Химический состав и радиоактивность атмосферы. М.: Мир, 1965. 423 с.
32. Юшкин Н. П., Асхабов А. М., Анищенко Л. А. и др. Происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2007. 202 с.
33. A multidisciplinary approach to characterise exposure risk and toxicological effects of PM10 and PM2.5 samples in urban environments / C. Reche, T. Moreno, F. Amato, et al. // Ecotoxicology and Environmental Safety, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.11.043>
34. Aerosol climate effects and air quality impacts from 1980 to 2030 / S. Menon, N. Unger, D. Koch, et al. // Environmental Research Letters. 2008. Vol. 3, N 2. P. 024004.
35. Aerosol impacts on climate and biogeochemistry / N. Mahowald, D. S. Ward, S. Kloster, et al. // Annual Review of Environment and Resources. 2011. Vol. 36, N 1. P. 45–74.
36. African dust source regions for observed dust outbreaks over the Subtropical Eastern North Atlantic region, above 25°N. J. / S. Alonso-Pérez, E. Cuevas, X. Querol, et al. // Arid Environ. 2012. N 78. P. 100–109.
37. Brimblecombe P. Air composition and chemistry // Cambridge: Cambridge Univ. press, 1996. 253 p.
38. Characterization and heterogeneity of coarse particles across an urban area / P. Kumar, Ph. K. Hopke, S. Raja, et al. // Atmospheric Environment. 2012. N 46. P. 449–459.

39. Corrigendum to "Introduction: European Integrated Project on Aerosol Cloud Climate and Air Quality interactions (EUCAARI) – integrating aerosol research from nano to global scales" / M. Kulmala, A. Asmi, H. K. Lappalainen, et al. // *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2009. N 9. P. 2825–2841.

40. Forest fires in a changing climate and their impacts on air quality / A. Carvalho, A. Monteiro, M. Flannigan, et al. // *Atmospheric Environment*. 2011. Vol. 45, N 31. P. 5545–5553.

41. General overview: European Integrated project on Aerosol Cloud Climate and Air Quality interactions (EUCAARI)-integrating aerosol research from nano to global scales / M. Kulmala, A. Asmi, H. K. Lappalainen, et al. // *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2011. Vol. 11, N 6. P. 17941–18160.

42. Hardy A. C., Milne P. S. Studies in the distribution of insects by aerial currents // *Journal of Animal Ecology*. 1938. N 7(2). P. 199–229.

43. Heidorn K. And now... the weather. Fifth House Books, 2005. 266 p.

44. Holzapfel E. P. Transoceanic airplane sampling for organisms and particles // *Pacific Insects*. 1978. Vol. 18, N 3–4. P. 169–189.

45. Klyuzko S. D., Kishko Ya. G., Vershohanskiy Yu. I. Bacterial aeroplankton of the upper layers of the atmosphere during the winter. Pentagon report NA176333. 18 aug. 1960. <http://www.stormingmedia.us/17/1763/A176333.html>

46. Mineral evolution / R. M. Hazen, D. Papineau, W. Bleeker, et al. // *American Mineralogist*. 2008. N 91. P. 1693–1720.

47. Overview of the biosphere-aerosol-cloud-climate interactions (BACCI) studies / M. Kulmala, V.-M. Kerminen, A. Laaksonen, et al. // *Tellus Series B. Chemical And Physical Meteorology*. 2008. Vol. 60 B, N 3. P. 300–317.

48. Proctor B. E., Parker B. W. Microbiology of the upper air III. An improved apparatus and technique for upper air investigations // *J. Bacteriol.* 1938. N 36(2). P. 175–185.

49. Sources and variability of inhalable road dust particles in three European cities / F. Amato, M. Pandolfi, T. Moreno, et al. // *Atmospheric Environment*. 2011. Vol. 45, N 37. P. 6777–6787.

50. Wolf F. T. The microbiology of upper air // *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 1943. Vol. 70, N 1. P. 1–14.

#### References

1. Bogatikov O. A. *Vestnik RAN* [Newsletter of Russian Academy of Sciences]. 2003, vol. 73, no. 5, pp. 426-428. [in Russian]

2. Ivanov V. V., Kazakov N. A., Kolesova L. G. i dr. *Tezisy докладov Mezhdunarodnogo simpoziuma "Fizika, khimiya i mekhanika snega", Yuzhno-Sakhalinsk, 2011* [Abstracts of papers of the International Symposium "Physics, chemistry and mechanics of snow", Yuzhno-Sakhalinsk, 2011]. pp. 33-37. [in Russian]

3. Zakharov V. N., Orlov V. A., Panov S. V. i dr. *Rossiiskii zhurnal biomekhaniki* [Russian Journal of Biomechanics]. 2008, vol. 12, no. 2(40), pp. 7-12. [in Russian]

4. Vlodayets V. I. *Trudy Arkticheskogo instituta* [Proceedings of the Arctic Institute]. 1936, vol. 33, pp. 79-85. [in Russian]

5. Garrels R., Makenzi F. *Evolyuetsiya osadochnykh porod* [Evolution of sedimentary rocks]. Moscow, 1974, 418 p. [in Russian]

6. Glazovskii N. F. *Izbrannye trudy. V 2 t. T. 1.*

*Geokhimicheskie potoki v biosfere* [Selected works. In 2 vol. Vol. 1. Geochemical fluxes in the biosphere]. Moscow, 2006, 535 p. [in Russian]

7. Glushko A. A. *Inzhenernaya ekologiya* [Engineering Ecology]. 2010, no. 1(91), pp. 4-24. [in Russian]

8. Golokhvast K. S., Chekryzhov I. Yu., Panichev A. M. i dr. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [News of Samara Scientific Center of RAS]. 2011, vol. 13, no. 1(8), pp. 1853-1857. [in Russian]

9. Golokhvast K. S., Khristoforova N. K., Kiku P. F., Gul'kov A. N. *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya* [Bulletin of respiration physiology and pathology]. 2011, no. 2(40), pp. 94-100. [in Russian]

10. Grivanov I. Yu. *Otsenka zagryazneniya atmosfery Vladivostoka vybrosami avtotransporta* (avtoref. ... kand. geograf. nauk) [Assessment of air pollution by emissions of motor transport in Vladivostok (Cand. Dis. Thesis)]. Vladivostok, 2002, 25 p. [in Russian]

11. Davitaya F. F. *Izvestiya AN SSSR. Seriya "Geografiya"* [News of the USSR. Geography Series.]. 1971, no. 4, pp. 22-25. [in Russian]

12. Dobrovol'skii V. V. *Geografiya mikroelementov. Global'noe rasseyaniye* [Geography of micronutrients. Global scattering]. Moscow, 1983, 160 p. [in Russian]

13. Dobrovol'skii G. V. *Biosfera* [Biosphere]. 2009, vol. 1, no. 1, pp. 6-14. [in Russian]

14. Dobrovol'skii G. V., Nikitin E. D. *Funktsii pochv v biosfere i ekosistemakh* [Soil functions in the biosphere and ecosystems]. Moscow, 1990, 260 p. [in Russian]

15. Izmerov N. F. *Gigiena truda* [Occupational hygiene]. Moscow, 2008, 584 p.

16. Kondrat'ev I. I. *Fonovye potoki aeral'nogo veshchestva yuga Dal'nego Vostoka Rossii, kak regional'naya osnova otsenki zagryazneniya atmosfery* (avtoref... kand. geograf. nauk) [Background fluxes of aero substance of the Far East of Russia, as the regional basis of assessment of air pollution (Cand. Dis. Thesis)]. Vladivostok, 2000, 26 p. [in Russian]

17. Kondrat'ev K. Ya. *Optika atmosfery i okeana* [Atmospheric and Oceanic Optics]. 2004, vol. 17, no.1, pp. 5-24. [in Russian]

18. Kul'skii L. A., Dal' V. V., Lenchina L. G. *Voda znakomaya i zagadochnaya* [Familiar and mysterious water]. Kiev, 1982, 120 p. [in Russian]

19. Kutsenogii K. P., Kutsenogii P. K. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal* [Siberian Journal of Ecology]. 2000, no. 1, pp. 11-20. [in Russian]

20. Lisitsyn A. P. *Protsessy okeanskoj sedimentatsii* [Процессы океанской седиментации]. Moscow, 1978, 389 p. [in Russian]

21. Mel'chakov Yu. L. *Litosfera* [Lithosphere]. 2008, no. 2, pp. 133-138. [in Russian]

22. Mel'chakov Yu. L. *Rol' evapotranspiratsii v sisteme migratsionnykh potokov khimicheskikh elementov* [The role of evapotranspiration in the system of migration flows of chemical elements]. Yekaterinburg, 2007, 326 p. [in Russian]

23. Mel'chakov Yu. L. *Evapotranspiratsionnaya migratsiya khimicheskikh elementov v landshaftakh (na primere Urala)* (avtoref. dis ... d-ra geogr. nauk) [Evapotranspiration migration of chemical elements in the landscape (on the example of the Urals) (Doc. Dis. Thesis)]. Moscow, 2009, 35 p. [in Russian]

24. Shevchenko V. P., Lisitsyn A. P., Shtain R. i dr. *Problemy Arktiki i Antarktiki* [Problems of the Arctic and the Antarctic]. 2007, no. 75, pp. 106-118. [in Russian]

25. Savenko V. S. *Doklady AN SSSR* [USSR AS Reports]. 1988, vol. 299, no. 2, pp. 465-468. [in Russian]
26. Savenko V. S. *Doklady RAN* [RAS Reports]. 1994, vol. 339, no. 5, pp. 670-674. [in Russian]
27. Svinukhov V. G. *Issledovanie, modelirovanie i prognoz zagryazneniya atmosfery v gorode (avtoref. dis. ... d-ra geogr. nauk)* [Research, modeling and prediction of air pollution in the city (Doc. Dis. Thesis)]. Vladivostok, 1997, 44 p. [in Russian]
28. Khristoforova N. K. *Ekologicheskie problemy regiona: Dal'nii Vostok - Primor'e* [Environmental problems in the region: the Far East - Primorye]. Khabarovsk, 2005, 304 p. [in Russian]
29. Tsyro S. G. *Regional'naya model' dlya issledovaniya fizicheskikh i khimicheskikh svoistv vzveshennykh chastiits v Evrope (avtoref. dis. ... kand. fiz.-mat. nauk)* [Regional model for the study of physical and chemical properties of suspended particles in Europe (Cand. Dis. Thesis)]. Saint Petersburg, 2008, 23 p. [in Russian]
30. Shevchenko V. P. *Vliyaniye aerazolei na sredu i morskoe osadkonakopleniye v Arktike* [The influence of aerosols on the environment and marine sedimentation in the Arctic]. Moscow, 2006, 226 p. [in Russian]
31. Yunge Kh. E. *Khimicheskii sostav i radioaktivnost' atmosfery* [Chemical composition and radioactivity of the atmosphere]. Moscow, 1965, 423 p. [in Russian]
32. Yushkin N. P., Askhabov A. M., Anishchenko L. A. i dr. *Proiskhozhdeniye biosfery i koevolutsiya mineral'nogo i biologicheskogo mirov* [The origin of the biosphere and the co-evolution of mineral and biological worlds]. Syktyvkar, 2007, 202 p. [in Russian]
33. A multidisciplinary approach to characterise exposure risk and toxicological effects of PM10 and PM2.5 samples in urban environments / C. Reche, T. Moreno, F. Amato, et al. // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.11.043>
34. Aerosol climate effects and air quality impacts from 1980 to 2030 / S. Menon, N. Unger, D. Koch, et al. *Environmental Research Letters*. 2008, vol. 3, no. 2, p. 024004.
35. Aerosol impacts on climate and biogeochemistry. N. Mahowald, D. S. Ward, S. Kloster, et al. *Annual Review of Environment and Resources*. 2011, vol. 36, no. 1, pp. 45-74.
36. African dust source regions for observed dust outbreaks over the Subtropical Eastern North Atlantic region, above 25°N. J. S. Alonso-Pérez, E. Cuevas, X. Querol, et al. *Arid Environ.* 2012, no. 78, pp. 100-109.
37. Brimblecombe P. *Air composition and chemistry*. Cambridge : *Cambridge Univ. press*, 1996, 253 p.
38. Characterization and heterogeneity of coarse particles across an urban area. P. Kumar, Ph. K. Hopke, S. Raja, et al. *Atmospheric Environment*. 2012, no. 46, pp. 449-459.
39. Corrigendum to "Introduction: European Integrated Project on Aerosol Cloud Climate and Air Quality interactions (EUCAARI) - integrating aerosol research from nano to global scales". M. Kulmala, A. Asmi, H. K. Lappalainen, et al. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2009, no. 9, pp. 825-2841.
40. Forest fires in a changing climate and their impacts on air quality. A. Carvalho, A. Monteiro, M. Flannigan, et al. *Atmospheric Environment*. 2011, vol. 45, no. 31, pp. 5545-5553.
41. General overview: European Integrated project on Aerosol Cloud Climate and Air Quality interactions (EUCAARI)-integrating aerosol research from nano to global scales. M. Kulmala, A. Asmi, H. K. Lappalainen, et al. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2011, vol. 11, no. 6, pp. 17941-18160.
42. Hardy A. C., Milne P. S. Studies in the distribution of insects by aerial currents. *Journal of Animal Ecology*. 1938, no. 7(2), pp. 199-229.
43. Heidorn K. And now... the weather. *Fifth House Books*. 2005, 266 p.
44. Holzapfel E. P. Transoceanic airplane sampling for organisms and particles. *Pacific Insects*. 1978, vol. 18, no. 3-4, pp. 169-189.
45. Klyuzko S. D., Kishko Ya. G., Vershohanskiy Yu. I. Bacterial aeroplankton of the upper layers of the atmosphere during the winter. Pentagon report NA176333. 18 aug. 1960. <http://www.stormingmedia.us/17/1763/A176333.html>.
46. Mineral evolution. R. M. Hazen, D. Papineau, W. Bleeker, et al. *American Mineralogist*. 2008, no. 91, pp. 1693-1720.
47. Overview of the biosphere-aerosol-cloud-climate interactions (BACCI) studies. M. Kulmala, V.-M. Kerminen, A. Laaksonen, et al. *Tellus Series B. Chemical And Physical Meteorology*. 2008, vol. 60 B, no. 3, pp. 300-317.
48. Proctor B. E., Parker B. W. Microbiology of the upper air III. An improved apparatus and technique for upper air investigations. *J. Bacteriol.* 1938, no. 36(2), pp. 175-185.
49. Sources and variability of inhalable road dust particles in three European cities. F. Amato, M. Pandolfi, T. Moreno, et al. *Atmospheric Environment*. 2011, vol. 45, no. 37, pp. 6777-6787.
50. Wolf F. T. The microbiology of upper air. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 1943, vol. 70, no. 1, pp. 1-14.

#### ATMOSPHERIC SUSPENSIONS AND HUMAN ECOLOGY

<sup>1,2</sup>K. S. Golokhvast, <sup>1,2</sup>P. F. Kiku, <sup>1</sup>N. K. Khristoforova

<sup>1</sup>Far East Federal University,

<sup>2</sup>Vladivostok Branch of the Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration, SB RAMS - SR Institute of Medical Climatology and Rehabilitation, Vladivostok, Russia

The present review is devoted to the analysis of recent data on the study of atmospheric suspensions and their role in human ecology. Hygienic aspects of qualitative and quantitative composition of suspensions are discussed. Materials from articles in database Scopus were used ([www.scopus.com](http://www.scopus.com)), Web of knowledge (<http://ip-science.thomsonreuters.com>), Biological Abstracts (<http://ip-science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jloptions.cgi?PC=BA>), PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>).

**Keywords:** suspension, microparticles, ecological factors

#### Контактная информация:

Голохваст Кирилл Сергеевич — кандидат биологических наук, доцент кафедры нефтегазового дела и нефтехимии Инженерной школы ФГФУ «Дальневосточный федеральный университет» Министерства образования и науки РФ

Адрес: 690990, г. Владивосток, ул. Пушкинская, д. 37

Тел./факс (423) 222-64-51

E-mail: droopy@mail.ru